

# MELHORIA DE LINHA DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

MIGUEL JORGE FERNANDES



Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização em Gestão Industrial

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2014



Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Mecânica, Gestão Industrial.

Candidato: Miguel Jorge Fernandes, N° 1040417, [1040417@isep.ipp.pt](mailto:1040417@isep.ipp.pt)

Orientação científica: Eng.º João Bastos, [jab@isep.ipp.pt](mailto:jab@isep.ipp.pt)

Co-orientação científica: Eng.º Paulo Ávila, [psa@isep.ipp.pt](mailto:psa@isep.ipp.pt)

Empresa: TESCO, Componentes para automóveis, Lda.



Mestrado em Engenharia Mecânica  
Área de Especialização de Gestão Industrial  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Instituto Superior de Engenharia do Porto  
18 de dezembro de 2014





Aos meus pais por me darem total apoio e  
condições durante a minha formação...



## *Agradecimentos*

Em primeiro lugar quero agradecer ao Eng.º João Bastos pelo apoio incondicional, pela disponibilidade e pelo elevado Know-how transmitido.

À empresa TESCO Componentes para Automóveis, Lda pela oportunidade de desenvolver o projeto, principalmente ao departamento de manutenção pelos trabalhos prestados, ao departamento da maquinaria pelo apoio na análise e implementação, ao chefe do meu departamento Eng.º Artur Costa pela compreensão, e a todos os colaboradores que directa ou indirectamente contribuíram para que este projeto se tornasse realidade.

A toda a minha família e amigos que ao longo destes anos presenciaram e motivaram a minha formação pessoal e profissional, e também um especial agradecimento à Liliana Cardoso, Mário Ferreira e Rui Lourenço pelo companheirismo e motivação que deram, durante a realização do relatório de Dissertação nas instalações do Instituto Superior de Engenharia do Porto.



## *Resumo*

No âmbito da unidade curricular Dissertação do 2ºano do Mestrado em Engenharia mecânica – Ramo de Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto, o presente trabalho de dissertação foi enquadrado num projeto industrial para a racionalização de uma linha de produção. O projeto foi desenvolvido numa empresa de produção de componentes por alumínio injetado e seguidamente processos de maquinação, para mercados a nível mundial destinados à indústria automóvel.

A realização deste projeto teve como objetivo a melhoria de uma linha de produção na empresa TESCO Componentes para automóveis, Lda. recorrendo a métodos e ferramentas utilizadas pela Gestão Industrial tais como, *Lean*, *5'S*, *PDCA* assim como ferramentas específicas de balanceamento e otimização de linhas.

Os métodos e ferramentas utilizados permitiram a seleção da linha, a definição e caracterização do modelo em produção e posto de trabalho, isto com o objetivo reduzir os custos, aumentar a produtividade e conduzir a melhorias ao nível de qualidade.

Através de análises realizadas aos dados de produção foi possível a avaliação do indicador de eficiência operacional do equipamento, através dos OEE's, o que possibilitou uma análise mais compreensiva da capacidade e cadência da linha de produção.

Com a aplicação dos métodos ligados à filosofia de produção em *Lean*, foi possível atingir-se os objetivos inicialmente definidos, e em alguns casos foi possível ultrapassá-los. Em função da abordagem integrada que foi seguida, conseguiu-se uma redução de um posto de trabalho, traduzindo-se na redução do custo de fabrico não deixando de referir que também houve melhorias a nível de qualidade do produto. Reduzindo a possibilidade de falhas com as especificações estabelecidas pelos clientes.

Como efeito positivo deste projeto pode-se apontar o fato de que a empresa Tesco Componentes para Automóveis, Lda. aumentou a sua competitividade com a oportunidade de redução do preço final do produto e também com o aumento da qualidade do mesmo.

### **Palavras-Chave**

- Lean; 5'S; PDCA; OEE; Balanceamento e Otimização de linhas;



## *Abstract*

Within the 2nd year of the Master's Degree in Mechanical Engineering - Industrial Management Branch of the Instituto Superior de Engenharia do Porto, this dissertation work was framed in an industrial project to improve a production line. The project was developed in a company that produces cast aluminum components to the automotive industry for worldwide markets.

The conception of this project aimed the improvement of a production line at the company TESCO Componentes para Automóveis, Lda. using methods and tools applied in Industrial Management such as Lean, 5'S, PDCA and specific tools for balancing and optimizing lines.

The methods and tools used were applied in order to select the line, the model in production and the work station with the aim to reduce the production cost, increase production and even make improvements regarding quality.

By performing an analyzes of production data was possible to evaluate the operational efficiency indicator of the equipment through the OEE's, which allowed a more comprehensive analysis of the capacity and rate of the production line.

With the application methods linked to the philosophy of Lean production, it was possible to achieve the objectives initially set, and in some cases it was possible to overcome them. Due to the integrated approach it was possible to obtain a reduction of one operator, resulting in the reduction of the manufacturing costs, but also improvements in product quality. Reducing the possibility of missing the specifications set by customers.

As a positive effect of this project it can be pointed out that the company Tesco Componentes para Automóveis, Lda. increased its competitive edge towards the final price of the product and its quality.

### Keywords

- Lean; 5'S; PDCA; OEE; Balancing and Optimization of lines.





# Índice

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>XV</b>
<b>ACRÓNIMOS.....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.3. METODOLOGIA .....	4
1.4. CALENDARIZAÇÃO .....	5
1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	6
<b>2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....</b>	<b>7</b>
2.1. HISTORIAL DA EMPRESA .....	8
2.2. DATAS DE REFERÊNCIA.....	12
2.3. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS .....	13
2.4. APRESENTAÇÃO DOS COMPONENTES PRODUZIDOS NA EMPRESA.....	19
<b>3. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>23</b>
3.1. TPS – <i>TOYOTA PRODUCTION SYSTEM</i> .....	23
3.2. CONCEITO DE PRODUÇÃO <i>LEAN</i> .....	25
3.3. O CICLO PDCA .....	40
3.4. AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO .....	42
3.5. BALANCEAMENTO DE LINHAS .....	43
<b>4. CASO DE ESTUDO .....</b>	<b>47</b>
4.1. DESCRIÇÃO DO ESTADO INICIAL .....	48
4.2. DESENHO DA SOLUÇÃO .....	64
4.3. IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO.....	70
4.4. RESULTADOS .....	77
4.5. COMENTÁRIOS FINAIS .....	83
<b>5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO A. CALENDARIZAÇÃO. ....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO B. VERIFICAÇÃO DIÁRIA DO ESTADO DO SISTEMA.....</b>	<b>91</b>



## *Índice de Figuras*

<b>Figura 1 – Exemplo de linha de produção (Scrumex 2014).</b>	2
<b>Figura 2 – Calendarização do projeto.</b>	5
<b>Figura 3 - Organização do relatório.</b>	6
<b>Figura 4 - Instalações da TESCO</b>	7
<b>Figura 5 – Localização da fábrica.</b>	8
<b>Figura 6 - Grupo Honda Foundry (Lda 2011)</b>	9
<b>Figura 7 - Distribuição das várias Honda Foundry a nível mundial.</b>	10
<b>Figura 8 - Composição do Grupo Metts a nível mundial.</b>	10
<b>Figura 9 - Antigas instalações da empresa TESCO.</b>	11
<b>Figura 10 - Novas instalações da empresa TESCO.</b>	12
<b>Figura 11 - Processo produtivo instalado na empresa.</b>	14
<b>Figura 12 - Armazenamento de alumínio.</b>	14
<b>Figura 13 - Zona de Fundição.</b>	15
<b>Figura 14 - Processo Acabamento.</b>	17
<b>Figura 15 - Sector de Maquinação.</b>	18
<b>Figura 16 - Exemplo de linha de produção.</b>	18
<b>Figura 17 - Armazém de Stock e Despacho.</b>	19
<b>Figura 18 - Componentes produzidos 1.</b>	20
<b>Figura 19 - Componentes produzidos 2.</b>	21
<b>Figura 20 - Estrutura TPS (Holland 2010).</b>	24
<b>Figura 21 - Os sete tipos de Desperdício (Sainzens 2008).</b>	32
<b>Figura 22 - Relação dos Sete tipos de Desperdícios (Riani 2006).</b>	32
<b>Figura 23 - Análise VSM (Solutions 2012).</b>	37
<b>Figura 24 – Classes de OEE's (LP 2014).</b>	40
<b>Figura 25 – O Ciclo PDCA (Pacheco 2014).</b>	41
<b>Figura 26 - Exemplos LCA (DWARKANATH 2003).</b>	43
<b>Figura 27 – Exemplo de Diagrama de Precedências (Carravilha 1998).</b>	45
<b>Figura 28 – Armazenamento da matéria-prima (Lingotes).</b>	48
<b>Figura 29 – Abastecimento dos fornos.</b>	49
<b>Figura 31 – Máquina de injeção no fim de ciclo.</b>	50
<b>Figura 32 – Sequência do Processo de Maquinação.</b>	52
<b>Figura 33 - Custos de Produção no departamento de maquinação.</b>	53
<b>Figura 34 - Custos com operadores da linha e outros.</b>	54
<b>Figura 35 – Produtos A e B.</b>	55

<b>Figura 36 - Layout da linha de produção.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 37 - Fluxograma do processo produtivo.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 38 – Layout por estações. ....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 39 – Estação de trabalho 2. ....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 40 – Limpeza e secagem manualmente. ....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 41 – Furos do modelo A.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 42 – Furos do modelo B.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 43 – Idealização através de caixa fechada.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 44 – Sistema de caixa fechada.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 45 – Sistema de caixa fechada 2.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 46 – Sistema de secagem pelo exterior/interior.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 47 – Trabalho extra na inspeção visual.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 48 – Ferramenta com bi-função.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 49 – Operação de colocação de tampos.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 50 – Plataformas magnéticas. ....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 51 – Melhorias para diminuição do TC. ....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 52 – Aplicação dos 5S.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 53 - Fluxograma final. ....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 54 - Análise da melhoria a nível de custos. ....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 55 - Quantidades produzidas no arranque do novo processo. ....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 56 – Sistema de limpeza/secagem.....</b>	<b>84</b>





## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 – Custos de fabrico por modelo.....	53
Tabela 2 – Operações por estação. ....	56
Tabela 3 - Operações com tempos de ciclo e OEE's. ....	58
Tabela 4 – Estação 1 .....	60
Tabela 5 – Estação 2 .....	60
Tabela 6 – Estação 3 .....	61
Tabela 7 – Estação 4 .....	61
Tabela 8 – Resumo das eficiências. ....	62
Tabela 9 - Análise de produtividade. ....	62
Tabela 10 - Resumo dos objetivos a implementar. ....	69
Tabela 11 – Custos do material aplicado. ....	76
Tabela 12 – Resumo de ações. ....	77
Tabela 13 – Estação 3.....	79
Tabela 14 – Estação 3 após novas operações.....	79
Tabela 15 – Estação 4.....	80
Tabela 16 – Estação 4 após novas operações.....	80
Tabela 17 – Resumo da eficiência final. ....	81
Tabela 18 – Análise da produtividade final.....	81
Tabela 19 - Análise de custos finais com operadores por produto e por turno. ....	82





## *Acrónimos*

CNC	-	Computer Numeric Control
FIFO	-	First In First Out
JIT	-	Just In Time
LCA	-	Low Cost Automation
OEE	-	Overall Equipment Effectiveness
OP	-	Optimização da Produção
PLC	-	Programmable Logic Controller
TC	-	Tempo de Ciclo
TPM	-	Total Productive Maintenance
TPS	-	Toyota Production System
VSM	-	Value Stream Mapping



# 1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação está inserida no Mestrado em Engenharia Mecânica – Ramo de Gestão Industrial do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto e enquadra-se no âmbito da Unidade Curricular Dissertação / Projeto. O tema proposto “Melhoria de Linha de Produção na Indústria Automóvel” insere-se num projeto desenvolvido na empresa Tesco. Esta empresa está inserida no ramo automóvel e produz componentes em alumínio injetado. O projeto teve uma duração de 9 meses.

As melhorias na produção focam um objetivo comum a todas as empresas do mundo capitalista. Fazer dinheiro, tomando por base este princípio, os indicadores financeiros são considerados de grande importância para a análise do desempenho do sistema. São eles: Lucro líquido, Retorno sobre o investimento, e Fluxo de Caixa.

Os grandes problemas que poderão ser resolvidos com melhorias na produção são os “gargalos” na própria produção, que podem ser máquinas, pessoas e tempos. Busca-se a melhoria desses “gargalos” e procura-se não despendar muito esforço e tempo em locais que não são considerados “gargalos” para a produção. A tecnologia para a obtenção de melhorias pode ser elaborada e utilizada em linhas de produção muito complexas e que apresentem grande número de postos de trabalho.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Este trabalho inseriu-se num projeto de melhoria contínua, mais propriamente na Melhoria da Produção, em que o autor participou como membro ativo na conceção das soluções propostas, sendo mesmo responsável pela sua implementação. Este projeto de melhoria surgiu devido aos custos elevados de produção em algumas linhas, levando à investigação das mesmas dando a conhecer uma pirâmide invertida de custos a nível interno. A empresa tem de acompanhar a evolução da competitividade global e para isso tem de dar resposta pronta e impor-se no mercado tão competitivo como o atual.

A empresa Tesco Componentes para automóveis, Lda. produz cerca de 80 referências de produtos. O volume de vendas atingido no último ano de 2013 foi de 5.5 milhões de peças e a previsão para o corrente ano de 2014 é de 7 milhões de peças. A empresa Tesco produz peças em alumínio por fundição injetada a altas pressões para a indústria automóvel.

A Tesco Componentes para Automóveis, Lda. tem uma estrutura de produção rígida num formato de linhas de produção, com elevada imprevisibilidade na procura, um processo de fabrico complexo, e um elevado volume de *stock* em curso. Estes fatores resultam na empresa ter de enfrentar grandes dificuldades nos processos de planeamento da produção. Consequentemente, a empresa sofre com elevados inventários, planos de produção com eficácia muito reduzida, incorretos nivelamentos das ordens produtivas e fraca sincronização da cadeia.

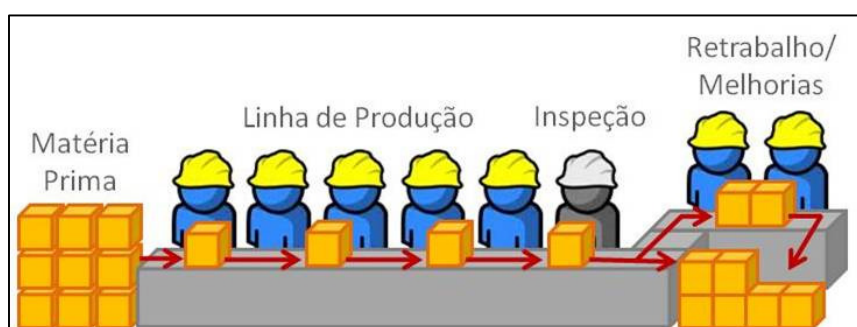


Figura 1 – Exemplo de linha de produção (Scrumex 2014).

## **1.2. OBJETIVOS**

O objetivo principal desta dissertação foi a melhoria da produção através da aplicação de métodos e ferramentas da Gestão Industrial e com estas atingir melhorias numa linha de produção de componentes para automóveis. Para a realização do objetivo último, definiram-se os seguintes objetivos parcelares:

- Identificar os problemas da linha e entender as causas raiz;
- Melhorar a organização da linha de produção;
- Baixar custos de produção;
- Melhorar a qualidade do produto;
- Racionalizar a linha produtiva;
- Diminuição de possíveis falhas;
- Melhorar a ergonomia dos postos de trabalho;
- Aumento da produtividade;

### **1.3. METODOLOGIA**

Para permitir a realização desta dissertação com objectivos alcançados, o presente projecto segue uma metodologia de trabalho activa, do tipo PDCA que se divide em 4 principais fases. (Estudo da escolha da linha e do processo da mesma; Desenvolvimento da melhoria; Implementação; Análise de resultados) e posteriormente a formação e realização do relatório de dissertação.

A primeira fase passa pela análise dos dados de produção, primeiramente até encontrar a linha a melhorar, e seguidamente a análise dos dados ligados à linha produtiva, nomeadamente tempos de ciclo, OEE's, produtividade e Balanceamentos de linha.

A segunda fase consiste na estratégia de visão futura, é do género de planeamento para uma estratégia na aplicação de ferramentas da Gestão Industrial, considerando os pontos fracos da linha de produção anteriormente detectados, actuando em postos de trabalho e equipamentos para atingir o objetivo.

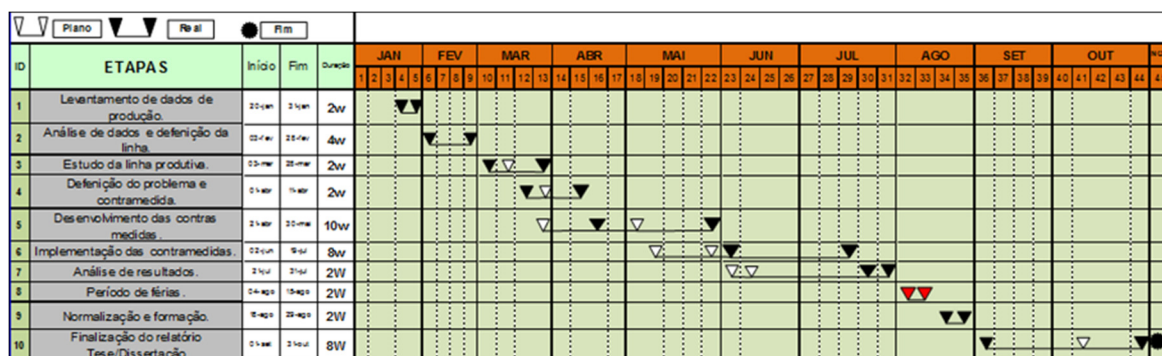
Na terceira fase aplica-se as melhorias planeadas e ligadas ao pensamento Lean/Melhoria Contínua, realizaram-se melhorias físicas e também a nível organizacional no sentido de redução de tempos de ciclo.

A quarta fase consiste na verificação e estudo do impacto das soluções implementadas: é necessário estudar e analisar o impacto do plano levado a cabo anteriormente, para garantir que os resultados obtidos vão de encontro aos objectivos delineados.

Formação e realização do relatório de Dissertação: após implementação das melhorias, deu-se prioridade à Formação, por forma a garantir que as boas práticas sejam entendidas e aplicadas por todos os colaboradores ligados ao processo, assim pode-se assistir a um seguimento do trabalho realizado.

## 1.4. CALENDARIZAÇÃO

Sendo a melhoria de uma linha de produção o grande objetivo desta Dissertação, o seu planejamento teve início com um plano conforme a Figura 2 onde se pode comparar o planejado com os trabalhos reais efetuados.



**Figura 2 – Calendarização do projeto.**

Alguns dos trabalhos no decorrer do projeto estiveram dependentes de terceiros, isto é, para a realização de construções físicas, esteve-se limitado à disponibilidade pelo departamento de manutenção de recursos. Como se tratava de trabalhos de carácter extra às funções associadas a este departamento, acabavam por passar para segundo plano.

Apesar de ligeiros atrasos conforme se pode verificar na Figura 2, com mais algum esforço e dedicação foi possível chegar ao objetivo final dentro do planeado. Resta informar que o plano de calendarização está disponível em anexo com dimensões que permitem uma melhor observação.

## 1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Na Figura 3 pode-se verificar e analisar a forma como está estruturado este relatório de Dissertação.

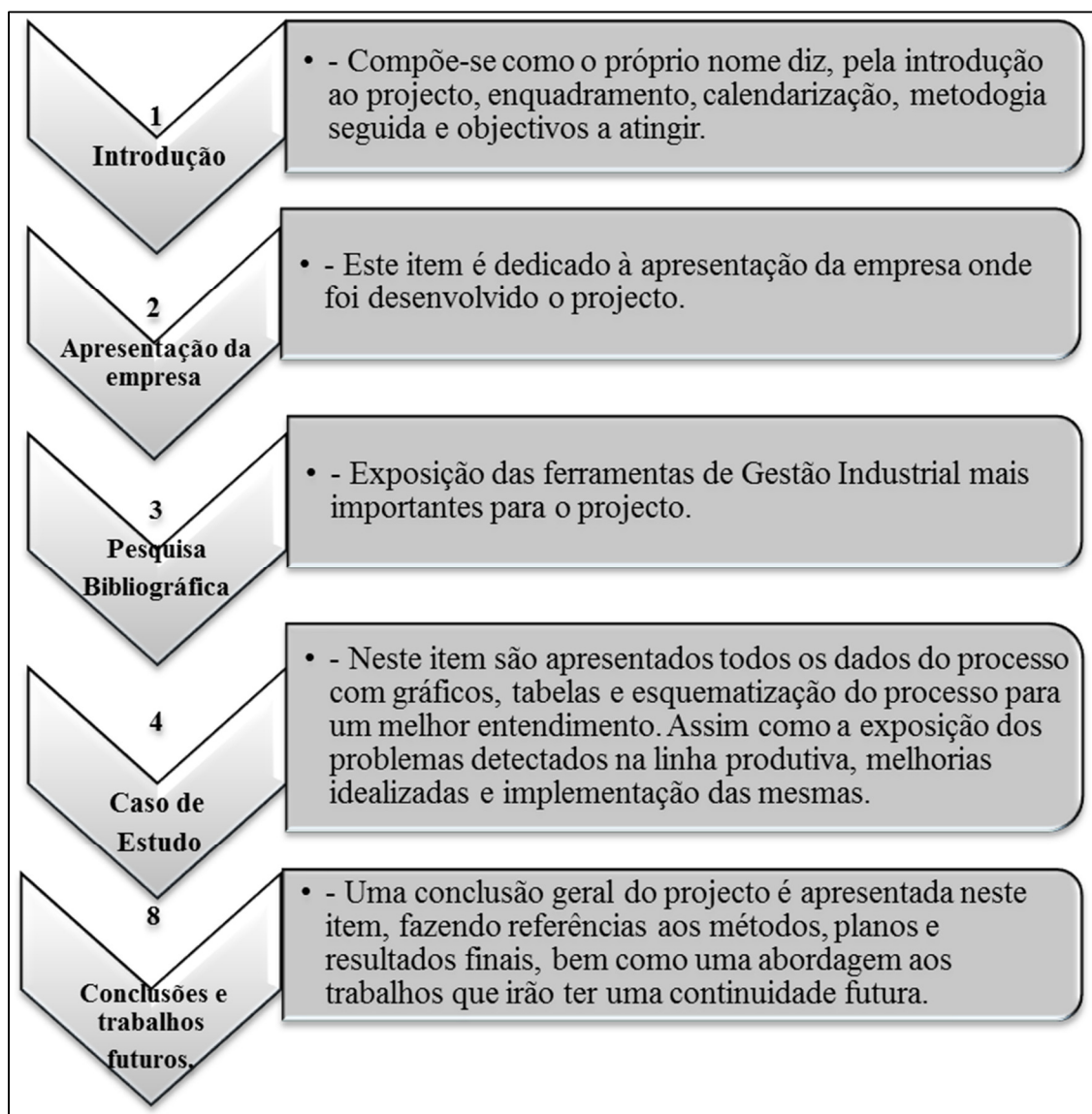


Figura 3 - Organização do relatório.



## 2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A TESCO Componentes para automóveis, Lda. é uma empresa do ramo da indústria automóvel na qual se fabricam componentes em alumínio por fundição injetada, e seguidamente maquinaria em centros CNC. Estando em conformidade com o definido em Planos, Normas, Especificações Técnicas e tendo em conta os requisitos legais aplicáveis.



**Figura 4 - Instalações da TESCO**

Para garantir esse objetivo, a TESCO – Componentes para automóveis, Lda., tem implementado o Sistema de Gestão da Qualidade de acordo com a norma ISO/TS 16949.

O seu objetivo fundamental é assegurar que a Política da Qualidade, os objetivos a ela associados e os requisitos de Gestão da qualidade sejam conhecidos por todos os níveis da empresa, assim como definir as regras e boas práticas, para todas as atividades que conduzam à obtenção dos objetivos definidos.



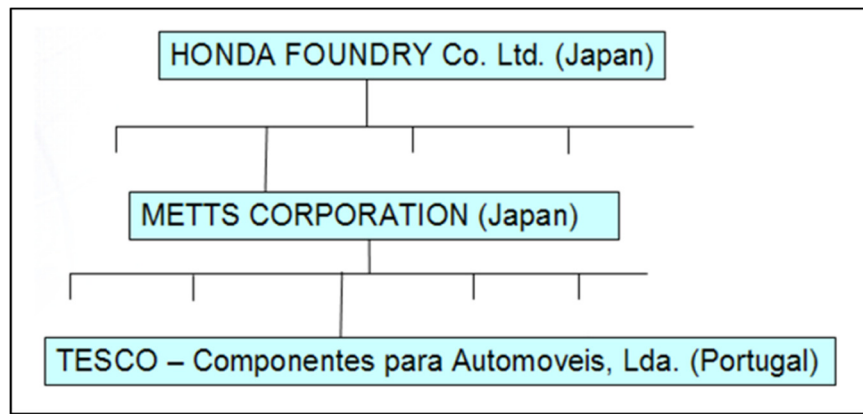
**Figura 5 – Localização da fábrica.**

Atualmente instalada na zona industrial de Sam, com acessos minimamente aceitáveis para transportes de grandes dimensões, lugar da Cerca, na freguesia de Ribeirão pertencente à localidade de Vila Nova de Famalicão.

## **2.1. HISTORIAL DA EMPRESA**

Passa-se a apresentar o grupo ao qual a empresa TESCO pertence, como foram as suas origens e bem como as datas mais marcantes do percurso da empresa.

O organigrama a seguir apresenta o grupo no qual a empresa está inserida, sendo o topo da pirâmide a Honda Foundry até às empresas mais pequenas como é o caso da TESCO.



**Figura 6 - Grupo Honda Foundry (TESCO 2014)**

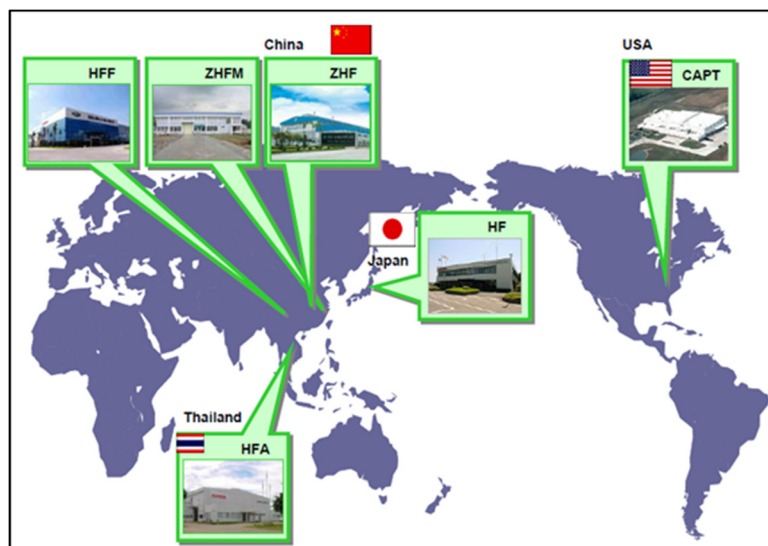
O grupo Honda Foundry foi fundado em Dezembro de 1963, especialista em fundição injetada é capitalizado pela marca conhecida Honda. Em Maio de 2006 o grupo Metts foi integrado na Honda Foundry (Japão) alargando ainda mais este que já era um dos maiores grupos de produção a nível mundial.

Na Figura 7 pode-se verificar como está distribuído o ramo Honda Foundry a nível mundial com fábricas distribuídas entre a Ásia e América do Norte.

O grupo Metts Corporation inserido na Honda Foundry Japão como foi dito, já conta com 50 anos de experiência no ramo da fundição injetada de alumínio e pioneiro na fundição injetada de Magnésio. A Metts Corporation é portanto a casa “mãe” da TESCO à qual esta terá de reportar.

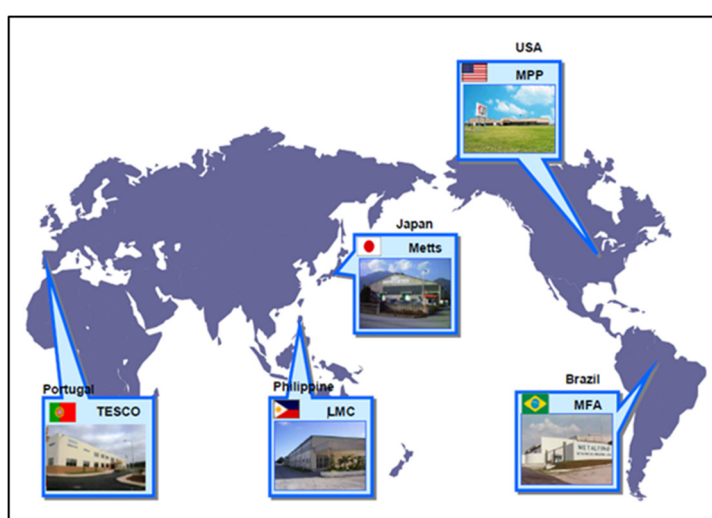
Este grupo produz peças para automóveis, motos e também para o ramo da eletrónica e telecomunicações. Emprega um total de 1600 pessoas e as fábricas do grupo estão distribuídas por vários países (Japão, USA, Brasil, Portugal e Filipinas), conforme se pode verificar na Figura 7.

Este grupo tem como principais clientes: Honda, Toyota, Nissan, Suzuki, Fujitsu, etc., onde o destaque vai para a Honda Motor Corporation, cujas relações comerciais já perduram para lá de 40 anos.



**Figura 7 - Distribuição das várias Honda Foundry a nível mundial (TESCO 2014).**

A TESCO teve início em 1993 num pequeno armazém na localidade da Trofa conforme Figura 9, ali foi implementada a primeira linha de produção de componentes para motores e para os sistemas de ar condicionado. Contudo, o seu sucesso empresarial, oriundo da união entre recursos altamente qualificados, que já então possuía e a qualidade organizacional absorvida dos seus acionistas Japoneses, foi sustentando o crescimento precoce da empresa e a criação de novas linhas produtivas até que chegou a ocupar um total de 8 pequenos armazéns fisicamente separados.



**Figura 8 - Composição do Grupo Metts a nível mundial (TESCO 2014).**



**Figura 9 - Antigas instalações da empresa (TESCO 2014).**

Para fazer face a estas circunstâncias, nas quais levantavam alguns constrangimentos e não permitiam a melhor eficiência dos processos produtivos, limitando o crescimento do negócio da empresa, em 2008 a gerência decidiu construir novas instalações na zona industrial de Sam, em Ribeirão, concelho de Vila Nova de Famalicão Figura 10, num terreno com cerca de 34000m<sup>2</sup>, ficando assim com todas as condições para continuar o seu crescimento.

Depois de ter todas as condições para o crescimento, já nas novas instalações, em 2012 a empresa estabeleceu o desafio de aumentar ainda mais a área fabril estando ligado diretamente com o aumento da capacidade instalada de fusão de alumínio. Tendo como objetivo a consolidação da indústria automóvel portuguesa, reforçando a capacidade de fornecimento a clientes, tradicionais e novos, tanto de mercados de proximidade como em mercados globais.



**Figura 10 - Novas instalações da empresa TESCO.**

## **2.2. DATAS DE REFERÊNCIA**

- Agosto de 1993, Constituição da empresa com início de fornecimento de peças para a Honda U.K. em Outubro do mesmo ano. A produção iniciou-se com 30 operadores divididos pelas linhas de maquinaria e montagem.
- Em Dezembro de 1995 a empresa passa a ter um novo cliente, Sanden Manufacturing Europe. Este cliente produz compressores para o sistema de ar condicionado dos automóveis, o qual tinha necessidade do fornecimento de componentes ao nível do “corpo” do compressor. A produção em série teve início em Março de 1997, a empresa viu assim a sua produção duplicar.
- Em Novembro de 1999 a Tesco angaria mais um cliente, Hitachi Europe. Este cliente produzia vários tipos de produtos ligados ao ramo automóvel, e portanto seleccionou a Tesco para lhe fornecer principalmente componentes para os alternadores dos motores diesel, a produção em série teve início em Julho de 2000.
- Em Dezembro de 2004, a entidade SGS certifica o Sistema de Gestão da Qualidade da empresa segundo a norma NP EN ISO 9001:2000.
- Em Novembro de 2006, a entidade SGS certifica o Sistema de Gestão da Qualidade da empresa segundo a norma ISO TS 16949:2002.

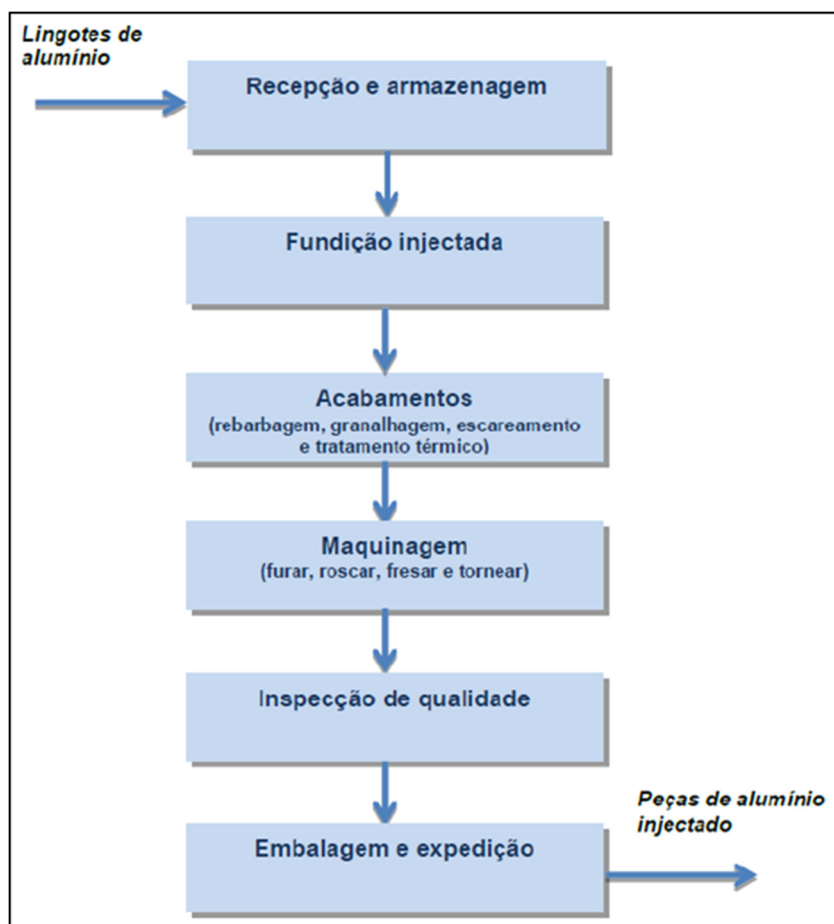
- Em Fevereiro de 2008, dá-se o arranque de construção da nova unidade fabril, localizada em Ribeirão, Vila nova de Famalicão.
- Em Setembro de 2008, inicia-se a produção na nova unidade fabril em Ribeirão.
- Em Fevereiro de 2009, dá-se por encerrada a unidade fabril situada na cidade da Trofa.
- Em Junho de 2009, a entidade SGS certifica o Sistema de Gestão da Qualidade da empresa segundo a norma ISO TS 16949:2000. (Renovação para as novas instalações.)
- Em Outubro de 2009, a entidade SGS certifica o Sistema de Gestão Ambiental da empresa segundo a norma ISO 14001:2004.
- Em Fevereiro de 2011, dá-se a construção de um novo armazém para produto acabado.
- Em Setembro de 2012, inicia-se a ampliação da área produtiva.

### **2.3. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS**

O processo produtivo da Tesco assenta basicamente em dois grandes sectores tecnológicos, a fundição injetada e a maquinação. Destaca-se ainda uma repartição denominada por Acabamento, isto é, dar o acabamento das peças já formadas mas que trazem ainda muitas rebarbas e restos de alumínio desnecessários, é portanto realizada esta operação naquela repartição que fica localizada no sector de fundição.

A Inspeção da Qualidade permite obter o registo do produto final aprovado e que posteriormente será expedido para o cliente.

O fluxograma do processo produtivo é apresentado na Figura 11 a seguir. Posteriormente haverá uma descrição mais detalhada de cada etapa, não podendo deixar de referir que os processos instalados na empresa definem-se no formato de linha produtiva, com uma certa particularidade entre a fundição e a maquinação. Depois das peças saírem das máquinas de injeção e passarem pelo acabamento vão para *stock* até que a maquinação necessite das mesmas para lhe dar a continuação dos processos, existe portanto um atraso da maquinação em relação à fundição.



**Figura 11 - Processo produtivo instalado na empresa.**

### **2.3.1. RECEÇÃO E ARMAZENAMENTO**

O processo produtivo inicia-se com a receção do alumínio em forma de lingote, o qual é submetido a um controlo de inspeção ao nível da composição química, de forma a garantir a sua qualidade e conformidade. Caso o alumínio não cumpra com os requisitos é rejeitado e devolvido ao fornecedor.



**Figura 12 - Armazenamento de alumínio.**



### 2.3.2. SECTOR DE FUNDIÇÃO

É neste sector (Figura 13) que se dá o início da produção, os lingotes de alumínio armazenados e identificados são recolhidos seguindo a regra FIFO e introduzidos nos fornos para fusão. Estes fornos utilizam Gás Natural para a elevação da temperatura do alumínio até cerca de 600°C.

A cada forno está associada uma máquina de injeção, onde a liga de alumínio em fase líquida é seguidamente injetada sob pressão no interior da cavidade, que se encontra no interior da moldação em aço. A solidificação processa-se e a pressão de injeção é mantida até que esta termine o ciclo.



Figura 13 - Zona de Fundição.

●	- Equipamentos para Fundição	●	- Stock	●	- Manutenção de moldes
---	------------------------------	---	---------	---	------------------------

A fase da injeção como o próprio nome indica, injeta alumínio, para isso é utilizado um sistema automatizado, começando por ser robotizado logo na retirada do alumínio, um braço robot retira do forno com um recipiente (Cadinho refratário), a quantidade necessária para a formação da peça a fabricar. Esta quantidade de alumínio é vazada para o interior do cilindro, onde de seguida o êmbolo começa a avançar e a empurrar o alumínio, quando este

chega à entrada do molde o êmbolo aumenta a sua velocidade de avanço para que a velocidade de “enchimento do molde” seja também o mais rápido possível.

Na fase de enchimento do molde, este encontra-se a 200°C, e deve ser efetuada no menor espaço de tempo possível para evitar o arrefecimento prematuro da liga, mas por outro lado deverá ser suficientemente lenta para permitir a total expulsão do ar que se encontra no interior do molde através dos orifícios de ventilação.

No final da liga ter enchido o interior do molde, esta encontra-se já perto da temperatura de solidificação, nesta altura é aumentada a força do êmbolo com o objetivo de compactar a liga, que solidifica sujeita a essa pressão. Esta fase denomina-se por “fase de compactação” o êmbolo não tem um avanço rápido mas a força aplicada à liga é aumentada dependendo do tamanho da peça.

As máquinas de injeção existentes no sector da fundição são classificadas pela força disponível que as mesmas possuem, isto é, podem ir de 125 a 1400 toneladas-força.

Por fim, é de referir que grande parte dos resíduos de alumínio são recuperados e reintroduzidos na produção, estes resíduos vão para os fornos para ser misturados com os lingotes e nunca poderão exceder uma percentagem definida do total fundido, por forma a não alterar a composição química do alumínio desejado pelos clientes.

### **2.3.3. ACABAMENTO**

Após a fundição e o arrefecimento natural dos componentes injetados, estes passam para a zona do acabamento, onde vão ser melhoradas através de, Rebarbagem, Projeção de granalha, Escareamento, entre outras, com vista ao melhoramento de toda a superfície do componente, melhoria do aspeto visual e também pela necessidade por parte dos processos de maquinaria, pois alguns dispositivos de colocação das peças utilizam furos de fundição para o alinhamento das mesmas.

Numa fase inicial, efetua-se o acabamento manual em mesas apropriadas (Figura 14), com recurso a limas adequadas à eliminação de pequenas rebarbas e picos de alumínio provenientes do processo de fundição. De seguida é efetuado o escareamento, que na prática se traduz pela utilização de escareadores em furos que não passarão pelo processo de maquinaria, isto é, a seguir ao acabamento esses furos não sofrerão qualquer processo até chegarem ao cliente.



**Figura 14 - Processo Acabamento.**

No âmbito de acabamentos também se insere neste o denominado “processo de granalhagem” que consiste em colocar os componentes no interior de uma máquina de projeção, e esta como o nome indica projeta esferas de chumbo com tamanhos muito reduzidos contras as superfícies dos componentes a tratar, e assim faz uma limpeza geral das mesmas no que respeita a rebarbas resultantes do processo de fundição, melhorando significativamente o seu aspeto visual.

#### **2.3.4. SECTOR DE MAQUINAÇÃO**

Como se viu atrás, a seguir ao acabamento os componentes são encaminhados para o sector da maquinação (Figura 15), não de forma “*Just in time*” mas sim a aguardar num espaço próprio. Só posteriormente os operadores da maquinação os vêm buscar quando o contentor que está na linha de maquinação acabe, sem nunca esquecer de cumprir a regra *FIFO*.

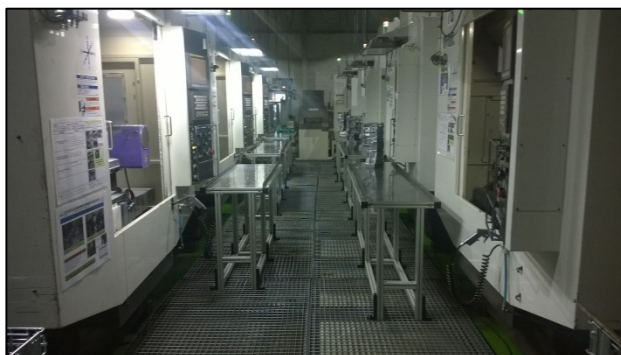
Durante esta fase de entrar um novo contentor nos processos de maquinação o Controlo de Qualidade tem a função de validar a entrada deste outro contentor. Nesta fase o Controlo de Qualidade é muito rigoroso quer a nível dimensional quer a nível visual para se certificar que os processos de maquinação serão realizados de acordo a cumprir com todas as especificações do cliente, quer em termos dimensionais quer em termos de aspeto visual. As operações mais comuns neste sector caracterizam-se por: furar, roscar, fresar e tornear. Para tal recorre-se a equipamentos robotizados e dispositivos de fixação especiais para cada modelo.



**Figura 15 - Sector de Maquinação.**

●	- Zona dedicada ao cliente Sanden.	●	- Zona dedicada ao cliente Honda.
---	------------------------------------	---	-----------------------------------

Não se pode deixar de referir que também é no sector de maquinação que são montados os acessórios aos componentes caso os mesmos existam sem esquecer que estes são inspecionados pela “Inspeção da qualidade” antes e depois de serem montados, no que diz respeito à montagem o cliente também exige um certo cumprimento de montagem no que diz respeito a pressões de aperto (Torque) ou montagem (Força).



**Figura 16 - Exemplo de linha de produção.**

### **2.3.5. SECTOR DA INSPEÇÃO**

Nesta etapa a principal função é a inspeção visual, sendo que, em diversos casos efetua-se confirmações de processos e por vezes o controlo dimensional a 100% de alguma cota que cause dúvidas da sua estabilidade ao Controlo da qualidade. Desta forma poderá filtrar-se aqueles componentes que não estão a cumprir as especificações exigidas por parte do cliente.

Faz-se também verificações de estanqueidade aos componentes que assim o exigem. Por exemplo no caso de entrarem moldes novos em funcionamento, novas cavidades, resultados das amostras a dar falha de estanqueidade, entre outros, sem esquecer que as pressões (bar) a que os componentes são submetidos, fazem parte da especificação exigida pelo cliente.

#### **2.3.6. EMBALAGEM E EXPEDIÇÃO**

Esta é a fase final de todo o processo, é efetuada a embalagem das peças produzidas, de acordo com o definido pelo cliente (Contentores ou caixas individualizadas), devidamente identificadas para cada tipo de componente, seguindo posteriormente para o armazém de produto acabado e posteriormente a expedição para o cliente.



**Figura 17 - Armazém de Stock e Despacho.**

#### **2.4. APRESENTAÇÃO DOS COMPONENTES PRODUZIDOS NA EMPRESA**

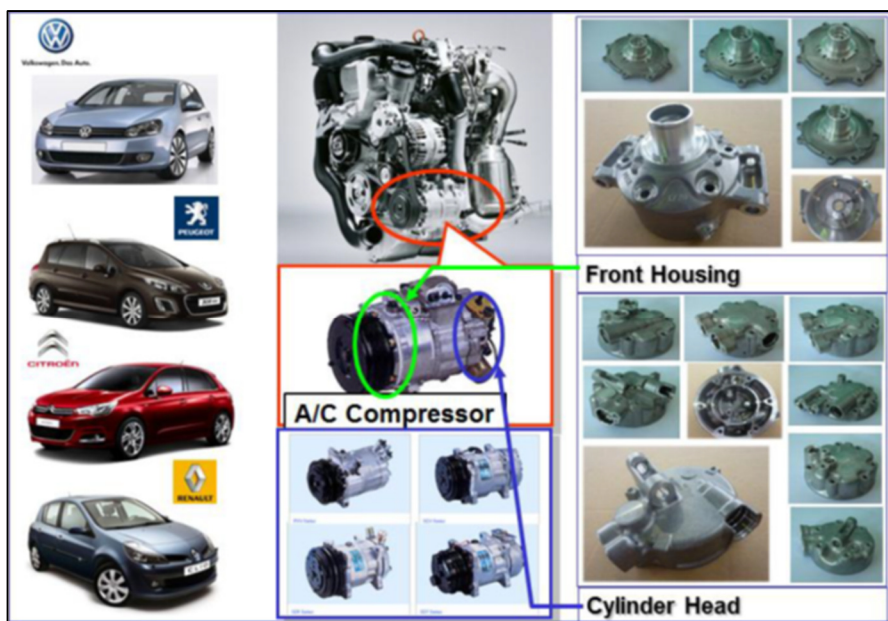
A atividade da TESCO centra-se no fabrico de componentes para a indústria automóvel por fundição injetada de alumínio e seguidamente maquinaria. A seguir apresenta-se o tipo de componentes produzidos, assim como o tipo de motores que estes incorporam.

Na Figura 18 pode-se verificar alguns dos componentes produzidos pela empresa, são componentes que incorporam motores da marca Honda. O nível de precisão de cotas destes componentes variam, caso se esteja a falar de componentes que estão ligados diretamente ao funcionamento do motor ou então componentes de menor precisão como é o caso dos apoios do próprio motor ou de outros acessórios.





Figura 18 - Componentes produzidos 1 (TESCO 2014).



**Figura 19 - Componentes produzidos 2 (TESCO 2014).**

A nível de compressores de ar condicionado (Figura 19) são produzidas as duas principais partes do corpo do próprio compressor, estes componentes exigem grande precisão e tendo por destino clientes como: Volkswagen, Renault, Citroën e Peugeot.





### 3. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo faz-se uma abordagem às ferramentas e métodos utilizados durante o projeto, uns com análise mais aprofundada devido à importância dos mesmos. Passa-se de seguida a detalhar os seguintes temas: TPS (*Toyota Production System*), Lean, PDCA, 5S e o Balanceamento e Otimização de linhas.

#### 3.1. TPS – *TOYOTA PRODUCTION SYSTEM*

O TPS surgiu no Japão, mais propriamente na fábrica de automóveis da Toyota numa fase pós 2ª Guerra Mundial. Segundo o autor, na altura, a indústria Japonesa tinha uma produtividade muito baixa e uma enorme carência de recursos, o que a impedia de adotar o modelo de produção em massa (Holloway 2013).

Esta filosofia de gestão é também conhecida por *Lean Manufacturing*. Esta última designação nasceu a partir da TPS usando grande parte dos seus conceitos. No desenvolvimento do TPS estiveram integradas principalmente quatro pessoas, sendo elas, o fundador *Sakichi Toyoda*, o filho *Kiichiro Toyoda*, o primo *Eiji Toyoda* e o engenheiro chefe de origem chinesa *Taiichi Ohno*.

Segundo o autor (Toyota 2010) o TPS tende a fortalecer os membros das equipas com o objetivo da melhoria da qualidade (Figura 20), através de melhoria continua nos processos e

a eliminação de tudo aquilo que não acrescenta valor, tanto nos recursos naturais como humanos ou recursos empresariais. Esta influencia todos os aspetos nas organizações e inclui um conjunto de valores comum, aprendizagem e procedimentos. Assim torna os colaboradores mais confiantes, com responsabilidades bem definidas em cada etapa do processo e encoraja todos os membros da equipa a esforçarem-se por uma melhoria geral.

A seguir descreve-se as ferramentas mais conhecidas e utilizadas pelo TPS, tais como:

- Os sete desperdícios.
- Trabalho Normalizado.
- 5S
- SMED.
- Visual controlo.
- Prova de erro.

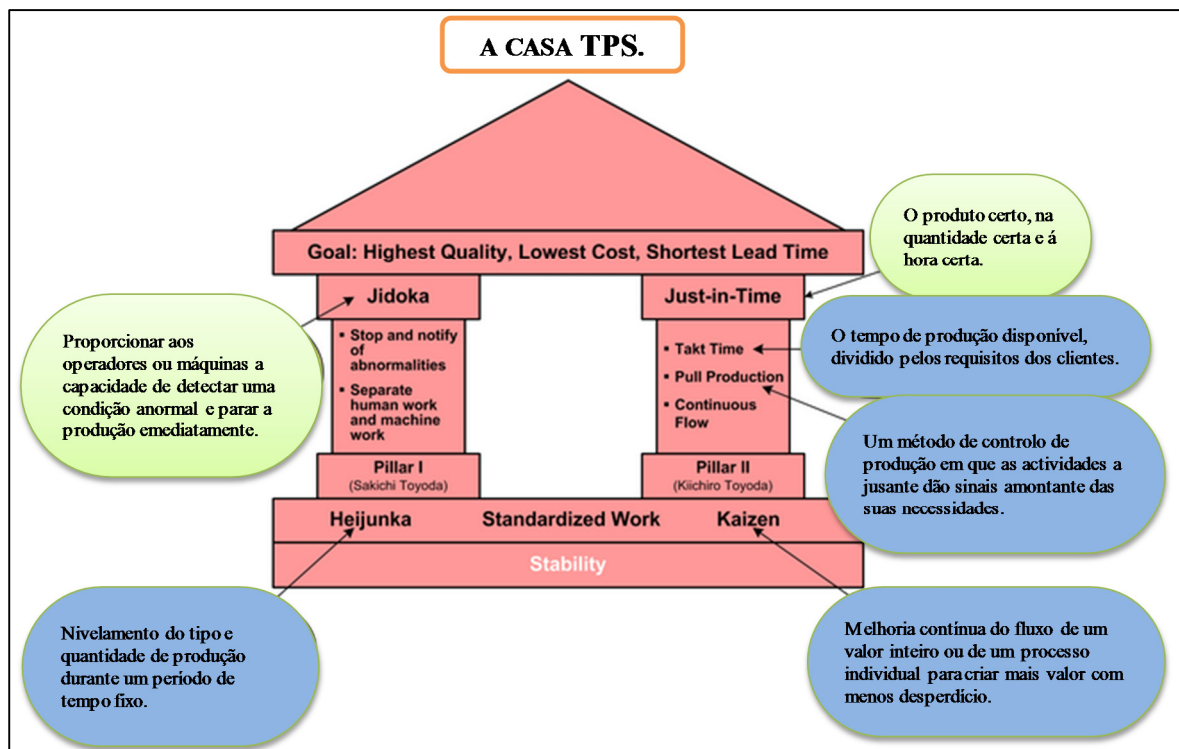


Figura 20 - Estrutura TPS (Holland 2010).

### 3.2. CONCEITO DE PRODUÇÃO *LEAN*

A filosofia de produção Lean como foi descrito na apresentação do TPS surgiu no Japão no período pós 2ª Guerra mundial, e portanto partilha a mesma história pois a sua mais proeminente aplicação deu-se na Toyota Motor Company.

De acordo com o Riani (Riani 2006) na altura, o Japão não dispunha de recursos para realizar altos investimentos necessários para a implantação da produção em massa, que caracterizava o sistema implementado por Henry Ford e General Motors. Além disso, no país existiam outras séries de problemas e desafios a serem contornados como: mercado interno limitado e ordens de produção de uma vasta variedade de produtos; mão-de-obra desorganizada, existência de vários fabricantes de veículos no mundo interessados em ingressar no Japão como competidores.

A partir desta altura, surgiu a necessidade de se criar um novo modelo de gestão. Nasceu assim o Sistema Toyota de Produção ou Produção Lean (*Lean Manufacturing*), estruturado por *Taiichi Ohno*, vice-presidente da Toyota.

Os objetivos fundamentais deste novo sistema caracterizaram-se principalmente por qualidade e flexibilidade do processo, ampliando sua capacidade de produzir e competir no cenário internacional.

O conceito de Produção *Lean* estendeu-se pelo mundo e várias são as definições desta filosofia, conforme apresentado abaixo:

*“A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (OHNO 1997).”*

*“A busca de uma tecnologia de produção que utilize a menor quantidade de equipamentos e mão-de-obra para produzir bens sem defeitos no menor tempo possível, com o mínimo de unidades intermediárias, entendendo como desperdício todo e qualquer elemento que não contribua para o atendimento da qualidade, preço ou prazo requeridos pelo cliente. Eliminar todo desperdício através de esforços concentrados da administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os departamentos da companhia (Shinohara 1988).”*

*“Há-de conferir o máximo número de funções e responsabilidades a todos os trabalhadores que adicionam valor ao produto na linha, e adotar um sistema de tratamento de defeitos imediatamente acionado a cada problema identificado, capaz de alcançar a sua causa raiz (Riani 1992).”*

A base da filosofia de produção *Lean* é a combinação de técnicas de gestão com os recursos máquina a fim de produzir mais com menos recursos. A produção com a ferramenta *Lean* difere tanto da produção artesanal quanto da produção em massa.

Na produção artesanal, trabalhadores altamente qualificados, usando ferramentas manuais, fabricam cada produto de acordo com as especificações do cliente, processado um de cada vez.

Já na produção em massa, profissionais especializados projetam produtos que são fabricados por trabalhadores não qualificados ou semiqualeificados operando equipamentos de alto custo e de finalidades específicas, produzindo produtos padronizados em grandes quantidades.

Na produção em massa, o tempo ocioso deverá ser evitado, pois, os equipamentos de produção tem um elevado custo. A gestão, assim, acrescenta uma "reserva" na forma de *stock* extra e de trabalhadores para garantir a disponibilidade de consumos ou para que o fluxo de produção não seja desacelerado ou bloqueado (Riani 2006).

Devido ao alto custo do investimento em máquinas, a adaptação para o fabrico de novos produtos fica impedida e o consumidor é que beneficia com os preços baixos em prejuízo da variedade.

A produção *Lean*, no entanto, combina a vantagem da produção artesanal, evitando o alto custo, com a produção em massa, evitando a falta de flexibilidade.

Para alcançar esses objetivos de produção, a gestão reúne equipas de trabalhadores com várias habilidades em cada nível da organização, para trabalharem ao lado de máquinas, produzindo grandes quantidades de bens com variedade de escolha. A produção é *Lean* porque usa menos de tudo, se comparada com a produção em massa – menos esforço humano na fábrica, espaço físico menor, menor investimento em equipamentos.

Um dos conceitos fundamentais da Produção *Lean* é a melhoria contínua (designado por Kaizen), considerada a chave do sucesso nos métodos de produção japonesa. O sistema de produção japonês é constituído de forma a encorajar mudanças e aperfeiçoamentos constantes, como parte das funções diárias. Para alcançar o Kaizen, os gestores aproveitam a experiência do trabalhar em equipa de todos os seus colaboradores e valorizam a solução dos problemas em conjunto (Riani 2006).

O sistema de produção *Lean* surgiu como um sistema de produção focalizada em otimizar os processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios (Riani 2006).

Exemplo de desperdício, excesso de inventário entre as estações de trabalho, bem como tempos de espera elevados.

A seguir descreve-se os objetivos fundamentais que estão sempre presentes nesta ferramenta:

- **Melhoria e integração do sistema de produção:** é necessário integrar todas as partes do sistema de produção, procurando sempre a melhoria do sistema como um todo. Qualquer processo ou atividade que não agrega valor ao produto é desperdício e deve ser eliminado. A integração e melhoria de um sistema de produção é um processo contínuo de redução do número de etapas necessárias para completar um processo em particular;
- **Qualidade:** um sistema que seja do tipo produção puxado precisa e exige um ambiente produtivo que forneça produtos com qualidade. Cada processo de produção deve passar produtos com qualidade para a etapa seguinte, ou seja, a qualidade deve ser assegurada ao longo de todo o processo. A produção *Lean* exige que cada pessoa envolvida no processo produtivo seja educada e treinada para aceitar a responsabilidade pelo nível de qualidade do seu trabalho;
- **Flexibilidade do processo:** é minimizar os fatores de restrição nos processos produtivos. Ser flexível é a capacidade de obter materiais rapidamente e de preparar um processo de produção em curto espaço de tempo e a custo mínimo, ou seja, é ser capaz de suportar variações das ordens de fabrico;

- **Produção de acordo com as ordens de fabrico:** a empresa tem que organizar sua produção de acordo com os pedidos dos clientes, pois são eles a razão de ser de uma empresa. Não faz qualquer sentido produzir o que os clientes não querem.
- **Manter o compromisso com clientes e fornecedores:** manter todos os compromissos é um dos elos mais importantes que permite que as empresas fabricantes individuais se juntem num processo industrial contínuo. Os fornecedores, clientes e funcionários precisam de uma posição clara da alta administração de que a empresa pretende permanecer competitiva no mercado. Planear para manter os compromissos é um processo de determinar as etapas necessárias para atender aos planos de entrega, níveis de qualidade e margens de lucro;
- **Redução do custo de produção:** é o objetivo mais evidente e factível com a implementação da produção *Lean*, que declara “guerra” ao desperdício e busca de forma determinada e contínua a redução dos custos do processo de produtivos como um todo.

Todos os objetivos acima foram estabelecidos visando ampliar a capacidade de produção de uma empresa para que esta possa competir num cenário globalizado.

As metas colocadas pela produção *Lean* em relação aos vários problemas de produção são: zero defeitos; tempo zero de preparação (*setup*); zero stock; zero movimentações; zero lotes unitários (uma peça) e lead time zero.

Assim sendo, a essência do Sistema de Produção Toyota é a busca incessante da eliminação de toda e qualquer perda ou desperdício. Na Toyota este princípio é conhecido como “princípio do não-custo”. Pela lógica tradicional, o preço era estabelecido pela empresa em que se somava o custo de produção ao lucro estimado ( $\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Lucro}$ ). Entretanto, com a concorrência cada vez mais acirrada e os consumidores cada vez mais exigentes, o preço passa a ser determinado pelo mercado ( $\text{Preço} - \text{Custo} = \text{Lucro}$ ). Analisando a segunda fórmula, chega-se a conclusão que a única maneira de se aumentar ou manter o lucro é reduzindo-se os custos.

Para eliminação destes desperdícios e alcance das metas estabelecidas a produção em *Lean* lança um conjunto de técnicas e ferramentas como o Layout composto por células, o

Kanban, o Mapa do Fluxo de Valor (VSM - *Value Stream Mapping*), entre outras (Riani 2006).

### **3.2.1. OS CINCO PRINCÍPIOS *LEAN***

Com o sistema de produção Lean, são definidos cinco princípios como fundamentais na eliminação das perdas ou desperdícios (Riani 2006). Estes princípios são ensinamentos que orientam as empresas que queiram adotar esta filosofia, mostrando o que deve ser realizado para alcançar seus objetivos.

Antes de se expor os cinco princípios, é necessário ter a noção do significado de “Valor Agregado”, ou simplesmente “Valor”. O valor real de um produto, processo ou sistema é o grau de aceitabilidade de um produto pelo cliente, ou seja, é o índice final do valor económico.

Quanto maior é o valor real de um item sobre outro com a mesma finalidade, maior será a probabilidade de vencer a concorrência. Assim, o que agrega valor ao produto, é a operação que é realizada para cumprir os requisitos do cliente ou consumidor final. A empresa deve visar fornecer produtos ou serviços valorizados a partir da perspectiva do cliente e não a partir da visão interna da organização, pois o mercado está cada vez menos disposto a aceitar produtos que não atendem às necessidades do cliente.

Jones e Woolmark (JONES 1998), definiram com precisão cinco princípios do pensamento *Lean* que oferecem uma valiosa colaboração para a gestão de processos:

- **Especificação do Valor:**

Definir o que é valor é o ponto de partida para a Mentalidade Lean. O valor do produto deve ser especificado pelo cliente final, e não pela empresa. E para isso, este produto deve ter requisitos que atendam às necessidades do cliente, com um preço específico e entregue dentro de um prazo adequado ao mesmo. Sejam quais forem as características ou atributos do produto ou serviço que não atendam às percepções de valor dos clientes representam oportunidades para racionalizar. A empresa cria este valor que concebe, projeta, produz, vende e entrega o produto ao cliente final.

- **Identificação da Cadeia de Valor:**

Cadeia ou fluxo de valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto a passar pelas três tarefas gerenciais críticas de qualquer negócio:

-Tarefa de solução de problemas: vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia de processo;

-Tarefa de gerenciamento da informação: vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um cronograma detalhado;

-Tarefa de transformação física: vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente.

Identificar e mapear com precisão o fluxo de valor completo do produto é tarefa fundamental para perceber os desperdícios em cada processo e implementar ações para eliminá-los, criando assim um novo fluxo de valor otimizado (Shook 1998). Assim a identificação da cadeia de valor consiste em mapear o conjunto de todas as atividades, nesta fase é importante separar os processos em três categorias:

Os que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade, e aqueles que não agregam valor, devendo estes últimos serem eliminados sempre que possível.

- **Fluxo de Valor:**

Uma vez que, para determinado produto o valor tenha sido especificado com precisão, o fluxo de valor mapeado, as etapas que não agregam valor eliminadas, é fundamental que o valor em processo flua, suave e continuamente, dentro das três tarefas gerenciais críticas: solução de problemas, gerenciamento da informação e transformação física. Desta forma, após Identificado o valor de acordo com o primeiro princípio, mapeada a cadeia de valor do produto e eliminados os desperdícios de acordo com o segundo princípio, o passo seguinte do pensamento Lean é fazer com que o fluxo otimizado de valor flua de forma harmônica até a chegada do produto ao cliente final, redefinindo-se as funções e os departamentos, permitindo que estes contribuam para a criação de valor para o cliente.

- **Produção Puxada:**



Não se deve fabricar nenhum produto, a menos que seja necessário, e neste caso, fabrique o produto o mais rápido quanto possível. Este conceito consiste em produzir apenas aquilo que é necessário quando for necessário. Visa evitar a acumulação de *stocks* de produtos mediante a produção e fornecimento daquilo que o cliente deseja quando o cliente precisar, nem antes nem depois da necessidade do cliente. Ou seja, o cliente "puxa" a produção, eliminando *stocks*, dando valor ao produto e acarretando ganhos em produtividade.

- **Busca da Perfeição:**

A Perfeição deve ser o objetivo constante de todos envolvidos nos fluxos de valor. Após a implementação dos quatro princípios anteriores, especificando o valor do produto a partir do cliente, identificando a cadeia de valor como um todo, fazendo com que o fluxo de valor flua e com que os clientes “puxem” o valor da empresa, a produtividade empresarial consequentemente aumenta e os custos diretos e indiretos diminuem. Ao intensificar a aplicação dos quatro princípios de forma iterativa, surgem novos desperdícios e novos obstáculos ao fluxo de valor, criando-se oportunidades de melhoria e permitindo sua eliminação. Trata-se de um processo contínuo de aumento de eficiência e eficácia, em busca da perfeição. Para isso, a empresa pode contar com metodologias de melhoria contínua (Kaizen), como o ciclo PDCA, entre outras.

A partir do conceito dos cinco princípios descritos acima, observa-se que a força de transformação da iniciativa Lean está na especificação correta do valor para o cliente final, acabando com a tradicional forma de cada membro da cadeia de valor em especificar de forma diferente. Na identificação de todas as ações que levam um produto da concepção ao lançamento, do pedido à entrega, da matéria-prima às mãos do cliente. Além disso, o pensamento Lean está focado na eliminação das atividades que não agregam valor e na estimulação de ações que adicionam valor a ocorrerem durante um fluxo contínuo e puxado pelos clientes. E finalmente na análise dos resultados e na criação de um novo processo (Riani 2006).

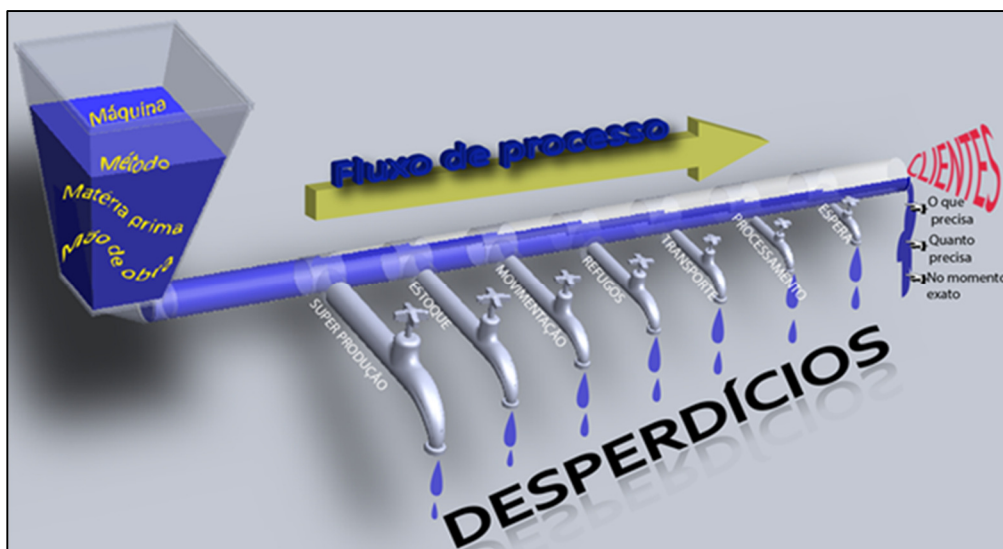


Figura 21 - Os sete tipos de Desperdício (Sainzens 2008).

### 3.2.2. OS SETE TIPOS DE DESPERDÍCIOS

Na visão de Ohno (OHNO 1997), a Produção em *Lean* é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios (Figura 22), também denominado de perdas, existentes dentro de uma empresa.

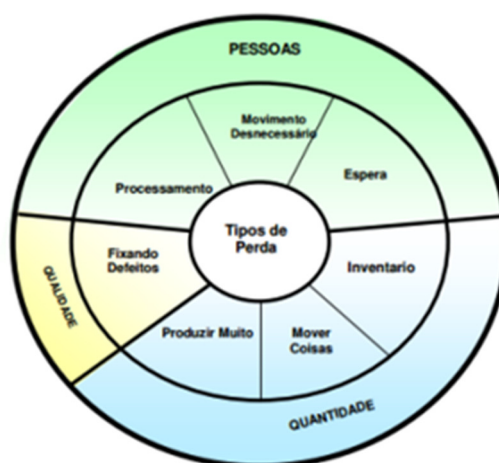


Figura 22 - Relação dos Sete tipos de Desperdícios  
(Riani 2006).

Como se pode observar na Figura 22, a qualidade do produto, a quantidade produzida e pessoas estão diretamente ligadas aos sete tipos de desperdícios descritos por Ohno (OHNO 1997). As perdas por processamento, por movimento e por tempo de espera estão relacionadas à mão-de-obra. No entanto as perdas por produção excessiva, transporte e de

*stock* são influenciadas pela quantidade de produção. Por último, a perda devido a produtos defeituosos e retrabalho, refere-se à qualidade do produto.

Portanto se incidir sobre estes três pontos, pessoas, qualidade e quantidade, consegue-se minimizar ou obter resultados consideráveis quanto aos tipos de perdas no processo.

A seguir vai-se descrever segundo Riani (Riani 2006), os tipos de desperdícios que são relevantes na filosofia de produção *Lean*:

- **Perda por produção excessiva** - A perda por excesso de produção pode ser por quantidade, que é a produção além do volume programado (sobram peças), ou por antecipação, que é a perda por produzir antes do momento necessário, em que produtos fabricados ficarão em *stock* à espera que venha a ocasião de serem consumidos ou processados por etapas posteriores. Este tipo de perda é o pior, pois além de ser muito difícil de ser eliminado, cria um incontável número de outros desperdícios, como por exemplo, área de *stock*, deterioração, custos de energia, manutenção de equipamentos, ocultação de problemas operacionais e administrativos através de “*stocks* de segurança”. Deste modo, a filosofia *Lean* sugere que se produza somente o que é necessário naquele momento, e para isso, que se reduzam os tempos de *setup*, que se sincronize a produção com as ordens de fabrico, que se compacte o *layout* da fábrica, e assim por diante.
- **Perda por tempo de espera** - Este tipo de perda consiste no tempo em que nenhum processamento, transporte ou inspeção é executado. Existem três tipos de perda por espera:
  - No processo, quando ocorre a falta ou atraso na matéria-prima, e um lote inteiro fica a aguardar a operação da máquina para iniciar a produção;
  - Do lote, quando peças já passaram por determinado processo e tem que esperar todas as outras peças do lote para poder seguir a próxima etapa;
  - Do operador, quando o operário permanece em pausa, assistindo uma máquina em operação.

Algumas ferramentas são utilizadas para eliminar a perda em tempo de espera, como por exemplo, a troca rápida de ferramentas, desenvolvida por Shingo (Shingo 1996),

com a técnica *Kanban* para a sincronização da produção. Além disso, a versatilidade dos funcionários também contribui para a minimização deste tipo de perda.

- **Perda por transporte** - É aquela perda onde são realizados deslocamentos desnecessários ou *stocks* temporários. Encaradas como desperdícios de tempo e recursos, as atividades de transporte e movimentação devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, através da elaboração de um arranjo físico adequado, que minimize as distâncias a serem percorridas. Além disso, custos de transporte podem ser reduzidos se o material for entregue no local de uso.
- **Perda por processamento** – Consiste em máquinas ou equipamentos usados de modo inadequado quanto à capacidade ou capacidade de desempenhar uma operação. Nesse sentido, torna-se importante a aplicação das metodologias de engenharia e análise de valor, que são ferramentas importantes para minimizar este desperdício, que não afeta as funções básicas do produto.
- **Perda por movimentação nas operações** – Esta perda normalmente acontece pela diferença entre trabalho e movimento. Relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Por exemplo, é a ação de quem realiza algum tipo de seleção ou procura peças sobre uma bancada de trabalho, qualquer movimento de um membro ou máquina que não adicione valor. As técnicas para o estudo de tempos e métodos, são importantes para eliminar este desperdício. A racionalização dos movimentos nas operações é obtida também através da automação das operações. Porém vale ressaltar que a mecanização de operações é recomendada depois de terem sido esgotadas todas as possibilidades de melhorias na movimentação do operário e nas rotinas das operações.
- **Perda por produtos defeituosos ou retrabalho** - A perda pelo fabrico de produtos defeituosos é o resultado da geração de produtos com alguma característica de qualidade fora do especificado, e que por isso não satisfaz a requisitos de uso. Produzir produtos defeituosos significa desperdiçar materiais, disponibilidade de mão-de-obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, entre

outros. Técnicas para solucionar este desperdício estão muito relacionadas com métodos de controlo de qualidade na fonte do causador do problema.

- **Perda por *Stock*** - É a perda sob a forma de *Stock* de matéria-prima, material em processamento e produto acabado. É o recurso financeiro “aprisionado” no sistema produtivo. Perdas por *Stock* significam desperdícios de investimento e espaço. O combate às perdas por *Stock* torna-se uma barreira a partir do momento que é considerado uma vantagem, quando se trata de aliviar os problemas de sincronia entre os processos. A redução dos desperdícios de *Stock* deve ser feita através da eliminação das causas geradoras da necessidade de manter *Stock*. Eliminando-se todos os outros desperdícios, reduz-se, por consequência, os desperdícios de *Stock*. Isto pode ser feito reduzindo-se os tempos de preparação de máquinas e os tempos de espera da produção, sincronizando-se os fluxos de trabalho, tornando as máquinas confiáveis e garantindo a qualidade dos processos. Segundo Ohno (OHNO 1997), no sistema de Produção *Lean*, tudo aquilo que não agrega valor ao produto, visto aos olhos do cliente, é desperdício. Todo o desperdício apenas adiciona custo e tempo, todo o desperdício é o sintoma e não a causa do problema.

### **3.2.3. PRINCIPAIS FERRAMENTAS *LEAN***

Para que a filosofia de produção em *Lean* consiga atingir os objetivos, é necessário aplicar algumas ferramentas que auxiliarão na obtenção dos resultados. As ferramentas são instrumentos utilizados para implementação de um sistema de produção *Lean*, que ditam “como” seguir os princípios deste mesmo sistema.

Algumas ferramentas consideradas fundamentais serão descritas abaixo, conforme pesquisa na literatura.

#### **3.2.3.1. VSM – MAPA DE FLUXO DE VALOR**

Mapeamento de Fluxo de Valor é uma das ferramentas essenciais da filosofia de produção em *Lean*, proposta por Shook (Shook 1998), que se baseou numa técnica de modelagem proveniente da metodologia Análise da Linha de Valor.

O VSM consiste no processo de identificação de todas as atividades específicas que ocorrem ao longo do fluxo de valor referente ao produto. Entende-se por fluxo de valor o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde o recebimento do pedido até à entrega ao

consumidor final. É um processo de observação e compreensão do estado atual e o desenho de um mapa dos processos que se tornará na sua base para a o “*Lean Manufacturing*”, ou seja, é uma representação visual de cada processo no fluxo do material e informação real pelo qual se reformulam um conjunto de questões chaves, e desenha um mapa do estado futuro de como a produção deveria fluir (Riani 2006).

O autor (Shook 1998), considerou o Mapeamento do Fluxo de Valor uma ferramenta essencial, pois auxilia na visualização do fluxo, mais do que simplesmente os processos individuais e ajuda na identificação dos desperdícios. O mapeamento ajuda a identificar as fontes do desperdício, fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de fabrico, torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que possamos discuti-las, engloba conceitos e técnicas Lean, que ajuda a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente, forma a base para um plano de implementação e mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material. A meta que se pretende alcançar pela Análise do Fluxo de Valor é a obtenção de um fluxo contínuo, orientado pelas necessidades dos clientes, desde a matéria-prima até o produto final (Riani 2006).

Abaixo segue o conceito de Mapa de Fluxo de Valor, definido por Shook (Shook 1998):

*“É seguir a trilha do fabrico de um produto, desde o consumidor até ao fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então, formula-se um conjunto de questões chave e desenha-se um mapa do estado futuro de como o processo deveria fluir. Ao fazer isso repetidas vezes torna-se o caminho mais simples para que se possa perceber o valor e, especialmente, as fontes do desperdício.”*

A visualização da ferramenta é realizada sempre de trás para frente conforme se pode analisar na Figura 23, ou seja, do cliente para o fornecedor, com a finalidade de eliminar as influências pessoais no processo, garantindo que o fluxo seja realizado em favor da produção. O grande diferencial do VSM é reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo e ainda oferecer um conjunto de diretrizes para a análise de possíveis melhorias. Nesse sentido, a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor auxilia no desenvolvimento conceitual da “situação futura” do sistema de produção Lean (Riani 2006).

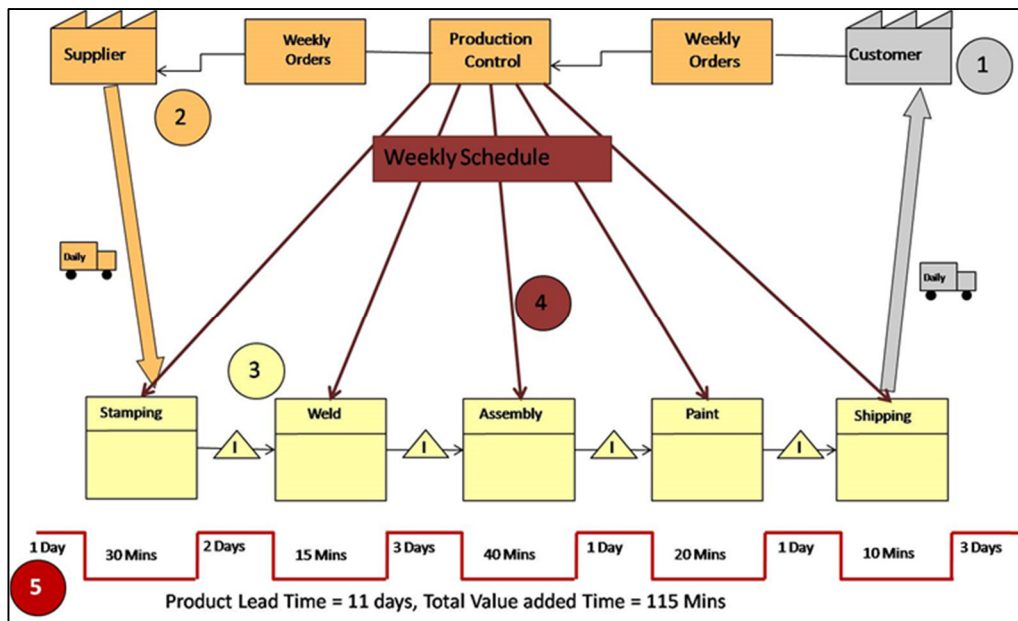


Figura 23 - Análise VSM (Solutions 2012).

### 3.2.3.2. A FERRAMENTA 5'S

Os chamados “5’S” são uma outra ferramenta muito utilizada no processo de fabrico da filosofia de produção em *Lean*. Esta ferramenta surgiu no Japão, no momento em que se procuravam métodos para ajudar a reconstruir o país no pós-guerra, e veio para os outros países juntamente com os conceitos da Qualidade.

Segundo o autor Riani (2006), os objetivos principais desta ferramenta são: melhorar a qualidade dos produtos/serviços; melhorar o ambiente de trabalho e de atendimento ao usuário; melhorar a qualidade de vida dos funcionários; educar para a simplicidade de atos e ações; maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis; reduzir gastos e desperdícios; otimizar o espaço físico; reduzir e prevenir acidentes; melhorar as relações humanas; aumentar a auto-estima dos funcionários. Portanto, pode-se verificar que estes objetivos estão muito alinhados com o conceito de produção em *Lean*.

A sigla 5S surgiu de cinco palavras japonesas que começam com a letra S:

- *Seiri* – Refere-se a evitar o que for desnecessário ou o “senso de utilização”, consiste em decidir o que é necessário e eliminar o que não é necessário. Deve-se manter apenas o equipamento mínimo para apoiar as operações do dia-a-dia. Portanto, separar aquilo que é realmente necessário ao trabalho daquilo que é

supérfluo, passando-o para outros que possam fazer uso dele ou simplesmente descartando, conseguimos melhorar a arrumação e dar lugar ao novo.

- *Seiton* – Significa deixar tudo em ordem, ou o “senso de organização”. É literalmente arrumar tudo, deixar as coisas arrumadas e em devido lugar, para que seja possível encontrá-las facilmente sempre que seja necessário. “Um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar” Assim, evita-se o desperdício de tempo e energia.
- *Seiso* – Significa manter limpo, ou o “senso de limpeza”. Depois de retirar tudo o que era desnecessário e deixar tudo em ordem, é de tal forma importante manter este ponto no dia-a-dia de trabalho. A limpeza regular dá lugar a oportunidades de inspeções preventivas.
- *Seiketsu* – Zelar pela saúde e higiene, ou “senso de saúde e higiene”. Não adianta nada manter o local de trabalho limpo, se não houver cuidados com a higiene pessoal também, sempre que possível deve-se melhorar as condições ambientais de trabalho, promover o respeito mútuo, criando um ambiente de trabalho harmonioso.
- *Shitsuke* – Disciplina. Este conceito é um pouco mais abrangente do que aquele significado ao qual estamos acostumados, na ideia de cumprir a normas. Para além de disciplinar a prática dos S’s anteriores, este refere-se também ao carácter do indivíduo que deve ser honrado, educado e manter bons hábitos.

### **3.2.3.3. OEE – OVERALL EFFECTIVENESS EQUIPMENT**

Baseado no autor Hofrichter (Hofrichter 2014), apresenta-se de seguida o conceito de *Overall Effectiveness Equipment* (OEE). Esta sigla vem da língua inglesa que significa eficiência geral do equipamento, é um indicador desenvolvido pelo *Japan Institute of Plant Maintenance*.

O indicador é capaz de medir os resultados que surgem do conceito TPM (*Total Productive Maintenance*).

Esta ferramenta representa a medida de agregação de valor de um equipamento ou de uma linha de montagem.



O resultado do OEE é a multiplicação de 3 fatores:

- Disponibilidade
- Performance
- Índice de Qualidade

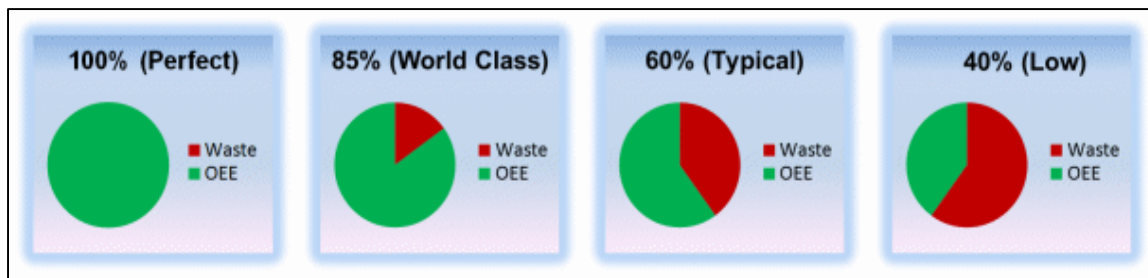
O valor encontrado / medido varia entre 0 a 1 ou seja de 0% a 100% .

Não existe uma definição deste indicador em normas, porém é uma maneira de medir uma situação atual e identificar o campo de atuação onde há um maior retorno.

Cada empresa desenvolve individualmente uma definição adequada às suas necessidades. Um ponto importante é que deve-se criar um ambiente de pensamento e aplicação do OEE para melhorar o desempenho de equipamentos em cada empresa. O OEE identifica “Perdas não planeadas” do equipamento.

O valor resultante de um OEE pode variar de tal forma que se pode encaixar dentro de quatro possíveis intervalos (LP 2014).

1. Com um OEE perto ou igual 100% pode-se dizer que a produção está em perfeitas condições: os produtos que saíram da máquina foram considerados todos bons; O mais rápido possível; Sem tempo de espera.
2. Com um OEE a rondar os 85% é considerado uma classe à parte e para fabricantes discretos, para muitas empresas este valor é um objetivo a longo prazo.
3. Com um OEE a rondar os 60% é considerado um valor típico, mas indica que há muito por onde melhorar.
4. Com um OEE a rondar os 40% é um valor muito baixo mas não é incomum nas empresas que estão a começar a atividade, no entanto isto pode significar que simples medidas podem melhorar muito.



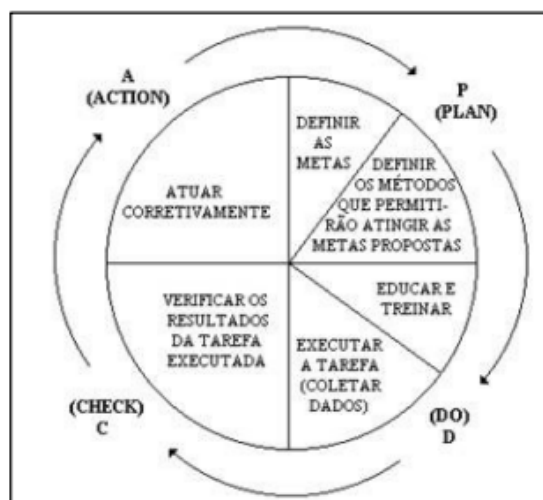
**Figura 24 – Classes de OEE's (LP 2014).**

### **3.3. O CICLO PDCA**

De acordo com Pacheco (Pacheco 2014), o ciclo PDCA é também conhecido como o Ciclo de Shewhart, Ciclo da Qualidade ou Ciclo de Deming, é uma metodologia que tem como função básica o auxílio no diagnóstico, análise e prognóstico de problemas organizacionais sendo extremamente útil para a solução de problemas. Poucas ferramentas se mostram eficazes na busca da perfeição quanto este método de melhoria contínua, tendo em vista que este conduz a ações sistemáticas que agilizam a obtenção de melhores resultados com a finalidade de garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações (Quinziolo 2002).

A metodologia foi desenvolvida por Walter A. Shewhart na década de 30 e consagrada por William Edwards Deming a partir da década de 50, onde foi empregado com sucesso nas empresas japonesas para o aumento da qualidade dos processos de fabrico. O ciclo PDCA tem como objetivo exercer o controlo dos processos, podendo ser usado de forma contínua para a sua gestão numa organização, por meio do estabelecimento de uma diretriz de controlo (planeamento da qualidade), da monitorização do nível de controlo a partir de padrões e da manutenção da diretriz atualizada

Quem utilizar o Ciclo PDCA está intimamente ligado ao entendimento do conceito de processo, é importante que todos os envolvidos na sua aplicação entendam a visão processual como a identificação clara dos consumos, dos clientes e das saídas que estes adquirem, além dos relacionamentos internos que existam na organização, ou seja a visão de cliente-fornecedor interno (Riani 1997).



**Figura 25 – O Ciclo PDCA (Pacheco 2014).**

Como pode ser observado na própria nomenclatura e também na Figura 25 o Ciclo PDCA está dividido em 4 fases bem definidas e distintas, conforme detalhado a seguir.

#### **Primeira Fase: P (Plan=Planejar)**

Esta fase é caracterizada pelo estabelecimento de um plano de ações e está dividida em duas etapas:

- a primeira consiste em definir o que se quer, com finalidade de planejar o que será feito. Esse planejamento envolve a definição de objetivos, estratégias, ações, que devem ser claramente quantificáveis (metas);
- a segunda consiste em definir quais os métodos que serão utilizados para se atingir os objetivos traçados.

#### **Segunda Fase: D (Do=Executar)**

Caracteriza-se pela sua execução do que foi planejado e, da mesma forma que a primeira fase, esta também está dividida em duas etapas:

- Consiste em capacitar a organização para que a implementação do que foi planejado possa ocorrer. Envolve portanto, aprendizagem individual e organizacional;
- Consiste em implementar o que foi planejado.

**Terceira Fase: C (Check=Verificar)**

Esta fase consiste em verificar, comparando os dados obtidos na execução com o que foi estabelecido no plano, com a finalidade de verificar se os resultados estão a ser atingidos conforme o que foi planeado. A diferença entre o desejável (planeado) e o resultado real alcançado constitui um problema a ser resolvido. Desta forma, esta etapa envolve a recolha de dados do processo e a comparação dos mesmos com os do padrão, a análise dos dados do processo fornece subsídios relevantes à próxima etapa.

**Quarta fase: A (Action=Agir)**

Esta fase consiste em agir, ou melhor, fazer as correcções necessárias com o intuito de evitar que a repetição do problema venha a ocorrer. Podem ser acções correctivas ou de melhorias que tenham sido constatadas como necessárias na fase anterior. Envolve a busca por melhoria continua até se atingir o padrão estabelecido, sendo que a busca da solução de problemas, por sua vez, orienta para: a necessidade de capacitação; o preenchimento das lacunas de conhecimento (Choo 2006), necessário à solução do problema, propiciando a criação de novos conhecimentos e actualizações do tal padrão.

**3.4. AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO**

A automação de baixo custo mais popularmente conhecida por LCA (*Low Cost Automation*), são implementações simples como por exemplo de um cilindro pneumático, hidráulico, mecânico ou elétrico num equipamento de produção existente, com vista a melhorar a sua produtividade.

Estas automações permitiram a operação destes equipamentos pelos mesmos operadores de sejam semiqualeificados ou qualificados, bastando dar alguma formação. São automações que normalmente envolvem o uso de peças e dispositivos padronizados, para mecanizar ou automatizar máquinas, processos e sistemas.

Utilizando um ser humano, como uma fonte de energia é um método ineficiente, além de ser repetido ou monótono para o operador. Estima-se que custa cerca de 400 vezes mais para um operador fornecer 1 kWh de energia do que usar a potência energia elétrica. Da mesma forma que, quando é utilizado um operador como um dispositivo de detecção, não é apenas

uma forma económica, como também resultaria em excesso de fadiga (DWARKANATH 2003). Na Figura 26 pode-se analisar alguns exemplos de Automação de Baixo Custo.

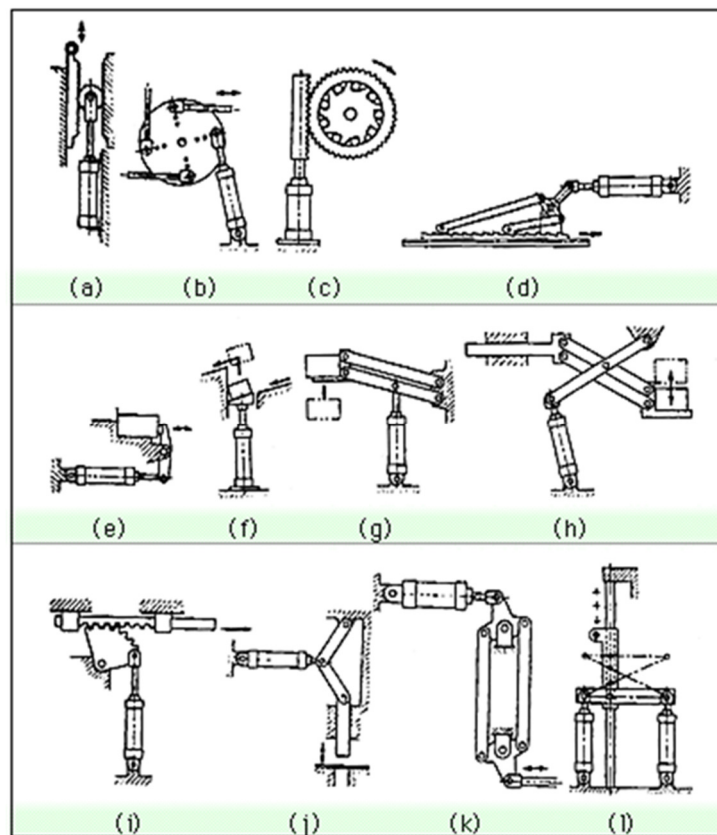


Figura 26 - Exemplos LCA (DWARKANATH 2003).

### 3.5. BALANCEAMENTO DE LINHAS

Segundo Carravilha (Carravilha 1998), o balanceamento de linhas corresponde a distribuição de atividades sequenciais por postos de trabalho, de modo a permitir a elevada utilização de trabalho e de equipamentos por forma a minimizar o tempo em vazio.

Basicamente, o balanceamento de uma linha constituída por muitas operações para processamento de um produto, consiste em encontrar a solução para uma das seguintes alternativas:

1. Dado um tempo de ciclo, entrar o menor número de postos de trabalho necessários.
2. Dado um certo número de postos de trabalho minimizar o tempo de ciclo.

### **Símbolos e definições:**

A seguir apresentam-se os símbolos e suas definições segundo o autor (Carravilha).

Estação – Posto de trabalho de uma linha.

N- Número de estações ao longo da linha. (Normalmente uma estação é ocupada por um único operador, que pode realizar uma ou mais operações. Contudo, uma estação pode ter mais do que um operador, ou um operador que pode intervir em mais do que uma estação.)

C- Tempo de ciclo.

(Tempo máximo permitido para cada estação. O tempo de ciclo corresponde também ao tempo entre a produção de unidades sucessivas à saída da linha.

$T_i$  – Tempo de operação para a i-ésima operação.

(Cada operação é afeta a uma e só uma estação.)

$\Sigma T_i$  – Tempo total necessário para a produção de uma unidade.

(Soma da duração de todas as operações.)

$$N_{\min} = (\Sigma T_i) / C \quad (1)$$

Corresponde ao número mínimo de estações necessárias à linha. (O resultado deve ser arredondado para a unidade imediatamente superior.)

$$\text{Eficiência } E = (\Sigma T_i) / NC \quad (2)$$

NC – Tempo gasto com cada unidade, incluindo tempo de paragem.

$$\text{Folga } F = NC - (\Sigma T_i) \quad (3)$$

### **Heurísticas para o agrupamento de atividades em estações**

Este método é de certa forma um pouco primário, pois não permite a resolução de problemas mais complexos de balanceamento.

## Heurística 1

1. Ordenar as operações por ordem decrescente de tempo de operação;
2. Atribuir operações a uma estação, até perfazer o tempo de ciclo, respeitando sempre as precedências;
3. Repetir o ponto 2 para todas as estações.

Nota: Se a última operação tiver a maior duração, estará sempre no topo da lista.

## Heurística 2

1. Selecionar os diferentes elementos a distribuir pelas diferentes estações de trabalho, de acordo com a sua posição no diagrama de precedências Figura 27;
2. Construir o diagrama de precedências, de modo que as operações com idêntica precedência sejam colocadas verticalmente em colunas. Os elementos que podem ser colocados em mais do que uma coluna devem ser representados a tracejado;
3. Listar os elementos seguindo uma ordem crescente de colunas. Listar também os tempos de operação e o somatório dos tempos de operação para cada coluna;
4. Atribuir elementos as estações, começando pela coluna 1;
5. Repetir o processo, seguindo a numeração das colunas, até atingir o tempo de ciclo.

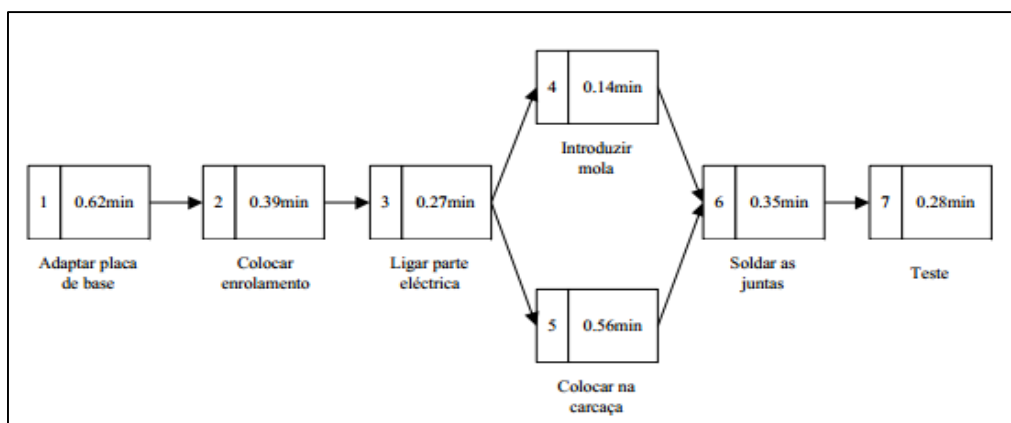


Figura 27 – Exemplo de Diagrama de Precedências (Carravilha 1998).





## 4. CASO DE ESTUDO

O presente capítulo é onde se apresenta o desenvolvimento do projeto, dando-se a conhecer o estado inicial, descrevendo-se de seguidas as melhorias propostas e por último apresentam-se os resultados finais.

De seguida apresenta-se uma caracterização detalhada desde o recebimento da matéria-prima até ao embalamento que é a última operação. As linhas de produção no departamento de maquinação englobam o próprio processo de maquinação, inspeção visual, montagem e embalamento. É numa destas linhas onde se realizou todo o desenvolvimento do caso de estudo. Em primeiro lugar fez-se uma análise da situação das linhas de produção em geral, pois esta análise indicou quais destas apresentavam um impacto mais negativo em termos de custos para a empresa.

Depois de se ter identificado a linha produtiva com maior impacto nos custos, a análise do processo incidiu na mesma, e portanto passaram a ser expostas as deficiências e lacunas do respetivo. Além disso foram identificadas as áreas de ação e objetivos de melhoria. O plano de melhoria foi cuidadosamente detalhado bem como a implementação do mesmo. No final do capítulo faz-se uma reflexão crítica dos resultados obtidos.

## **4.1. DESCRIÇÃO DO ESTADO INICIAL**

Passa-se a apresentar todo processo produtivo, bem como a abordagem de algumas ferramentas utilizadas na empresa para uma adequada gestão quer de qualidade quer de todo o fluxo e tarefas a executar. Esta descrição do processo começa pela receção do alumínio, seguidamente a fundição, e depois o processo de maquinação. Por último é que se vai descrever todos os métodos e ferramentas para um melhor entendimento dos problemas do processo.

### **4.1.1. MÉTODO DE PRODUÇÃO**

#### **4.1.1.1. RECEÇÃO E ARMAZENAMENTO**

O início de todo o processo de fabrico começa pela receção e armazenamento do alumínio, chega no formato de lingotes e vem acompanhado de pequenas amostras enviadas pelo fornecedor, pois serve de comprovativo de lote, nomeadamente a sua composição química. As amostras são verificadas pelo controlo da qualidade no espectrómetro, e se a composição química estiver dentro de valores considerados aceitáveis (valores definidos pelo cliente da empresa TESCO), então é validada a descarga para a zona de armazenamento Figura 28.



**Figura 28 – Armazenamento da matéria-prima (Lingotes).**

Na empresa são utilizados dois tipos de alumínio destinados a diferentes clientes, pelo que, a zona de armazenamento está dividida. O operador quando recolhe a matéria-prima terá de cumprir a regra FIFO e fazer a separação correta na hora da descarga dos lingotes para os fornos Figura 29.



**Figura 29 – Abastecimento dos fornos.**

#### **4.1.1.2. PROCESSO DE FUNDIÇÃO**

Depois dos lingotes entrarem nos fornos, o alumínio é fundido à temperatura de pouco mais de 600°C, este posteriormente é encaminhado para dentro dos moldes (Figura 30) que se encontram montados nas máquinas de injeção (Figura 31), estas, com o próprio sistema irão injetar o alumínio a velocidades e forças elevadas para dentro do molde.



**Figura 30 – Parte do molde em manutenção.**



**Figura 31 – Máquina de injeção no fim de ciclo.**

A validação do arranque é dada pelo controlo de qualidade, a primeira peça a sair com um aspeto aceitável (Sem manchas ou rugas) é imediatamente colocada nos centros de medição 3D, para confirmar o posicionamento de todos os furos dessa mesma peça. Após validação de arranque de produção em massa os operadores terão de dar acabamento, conforme ajudas visuais onde estão detalhados os locais mais importantes a levarem acabamento (Zonas com rebarbas, excesso de alumínio, entre outros.). Terminado o acabamento as peças são colocadas num sistema de deteção de pinos partidos (*Poka-yoke*), esta verificação é efetuada a 100% para garantir que todos os furos estão presentes na peça e bem posicionados. Poderão ocorrer problemas de pinos partidos ou empenados respetivamente, e a inspeção visual pode não o detetar.

Após o contentor ficar completo é preenchida uma etiqueta com modelo, data, turno e cavidade. Posteriormente enviado para *stock* onde permanecerá até que o operador do departamento de maquinaria o venha buscar, respeitando a regra FIFO.

#### **4.1.1.3. PROCESSO DE MAQUINAÇÃO, MONTAGEM, INSPEÇÃO E EMBALAMENTO**

Como referido anteriormente, foi neste processo que sobre caiu o estudo desta Dissertação, no item (4.2.) apresentar-se-á a linha produtiva de forma mais detalhada quanto ao método do processo, focando os pontos de maior importância e ilustrando várias análises ao mesmo.

Os operadores da maquinaria vão buscar os contentores completos ao *stock* do departamento de fundição, e colocam-no no início da linha conforme Figura 32, para posteriormente passarem pelo processo de maquinaria, inspeção e montagem. Quando as peças entram no processo o operador tem especial atenção à etiqueta que acompanha o

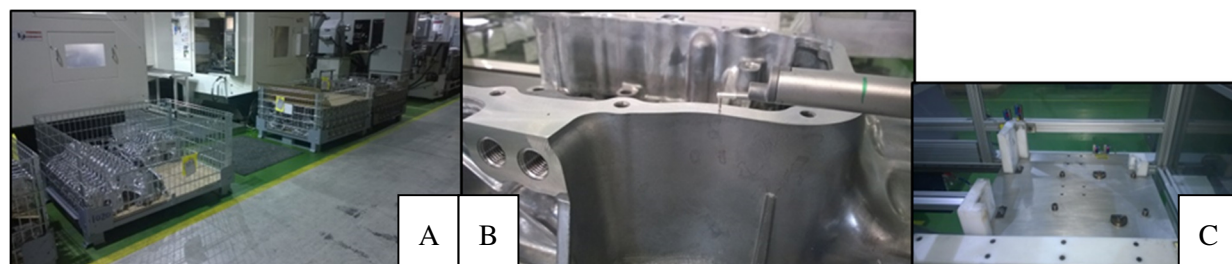
contentor, pois poderá ser nova data de fundição, novo turno ou outra cavidade ao comparar com o contentor que passou anteriormente. Nestes casos e também quando há alguma troca de ferramenta ou outra situação idêntica será necessário validação pelo controlo da qualidade, pois nestes casos poderá ser necessário ajustes de medidas. Como existe um *changing point*, este tem de ser acompanhado para que a produção seguinte não saia fora das especificações do cliente e portanto evitar custos com rejeitos.

As peças que entram na linha de maquinação poderão ter de passar por entre 1 a 5 processos onde está o operador de máquina a fazer todas as trocas com a devida sequência. Por vezes este também faz algumas confirmações de processo através de calibres, que garantem diâmetros, roscas, profundidades ou distâncias. O operador deve detetar visualmente na peça processada anomalias que poderão surgir. Caso se confirme deverá informar imediatamente o chefe de turno para que este faça uma análise técnica, se não conseguir resolver o problema reportará à engenharia de processo.

Após os processos de maquinação estarem todos realizados, as peças são limpas, secas e inspecionadas, para posteriormente fazerem o teste de vazamento, no qual são sujeitas a uma determinada pressão de ar. O teste de vazamento pode detetar problemas do processo de fundição (Poros internos, fissuras pela contração do alumínio entre outros.), como também pode detetar problemas nos processos de maquinação, mais propriamente a nível de acabamentos superficiais. Caso a rugosidade superficial esteja fora de especificação, o sistema de vazamento não vai ficar estanque devido à zona problemática, que poderá ser avaliada medindo através de Rugosímetro (Figura 32B).

Posteriormente serão montados os componentes nas peças respetivas, caso existam, e por fim o conjunto será novamente inspecionado visualmente, para deteção de possíveis marcas de pressão, rebarbas, poros, componentes mal montados, entre outros. Nesta fase de inspeção final também se poderá fazer confirmação de processo bem efetuado como foi referido anteriormente, no caso de garantir diâmetros, roscas, profundidades, distâncias, entre outras. Por vezes, quando a complexidade da peça o exige, é colocado na linha um sistema de deteção do tipo *poka-yoke* (Figura 32C), para garantir que o conjunto em questão possua todos os componentes. No caso de algumas peças com uma quantidade de componentes elevada, torna-se muito difícil para o operador confirma-los na totalidade. Nestes casos a possibilidade de falha humana aumenta e torna-se obrigatório contornar estas possíveis falhas.

No final da linha o operador colocará as peças no devido contentor, este seguirá para o armazém de despacho e seguidamente para o cliente. Algumas peças necessitaram de um especial cuidado no seu embalamento, pois alguns dos componentes montados poderão ser sensíveis a contaminações, pequenas ou grandes deslocações, até mesmo a possibilidade de se separarem da peça.



Legenda:

- A- Contentores no início do processo de maquinação;
- B- Rugosímetro a ler a superfície;
- C- Sistema de deteção de falta de componentes.

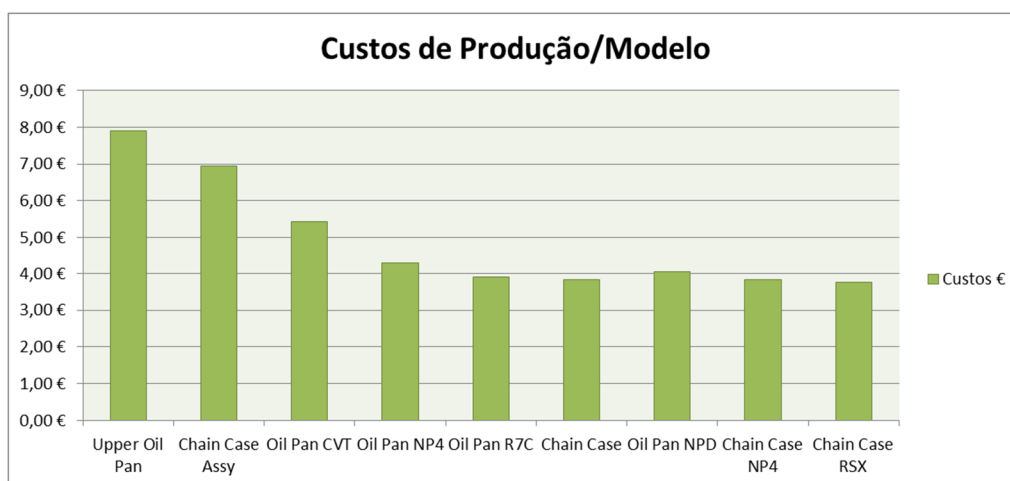
**Figura 32 – Sequência do Processo de Maquinação.**

#### **4.1.2. SELEÇÃO DA LINHA DO CASO DE ESTUDO**

A seleção da linha onde se executou o trabalho de melhoria baseou-se na sua importância para o processo de fabrico e no impacto esperado da intervenção. Assim, começou-se por se realizar uma análise global das linhas de produção da empresa para definir em qual delas o nível de custo tem um impacto maior para a empresa.

Como se pode verificar na Figura 33, existem dois modelos que são produzidos na mesma linha produtiva e que se distanciam dos outros modelos pelo facto de terem custos de produção mais elevados.

Os custos de produção elevados como é o caso da linha escolhida devem-se ao facto da linha ser recente e incorporar equipamentos novos de custo também elevado. Pelo facto de se tratar de uma linha recente, também apresenta maior espaço à introdução de melhorias e redução de desperdício.



**Figura 33 - Custos de Produção no departamento de maquinação.**

Na tabela 1 são apresentados os custos médios de fabrico por modelo de produto nas linhas que englobam a maquinação, inspeção, montagem e embalagem.

**Tabela 1 – Custos de fabrico por modelo.**

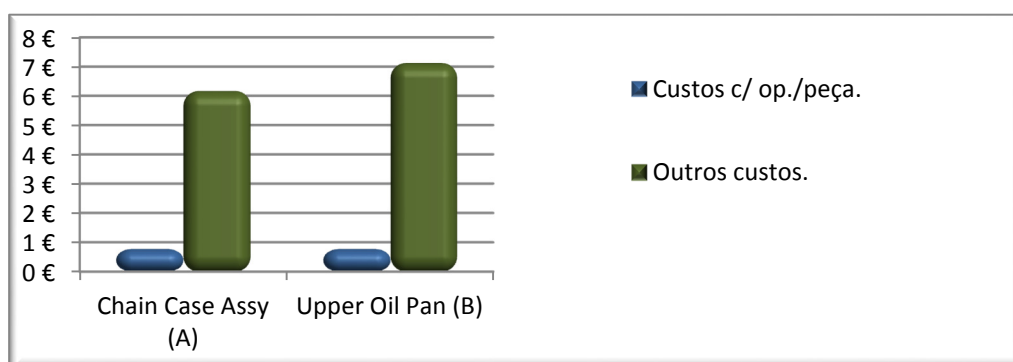
Modelo/Linha	Custos €
Upper Oil Pan	7,90
Assy Chain Case	6,94
Oil PAN CVT	5,44
OIL PAN NP4	4,28
Oil Pan R7C	3,90
CHAIN CASE	3,82
OIL PAN RL0 NPD	4,04
CHAIN CASE NP4	3,82
CHAIN CASE RSX	3,75

#### **4.1.3. REQUISITOS FUNCIONAIS**

Já referido anteriormente, após a linha de produção estar definida procedeu-se a uma análise exaustiva com vários pontos de análise para identificar soluções racionais e posteriormente implementá-las.

A linha de produção escolhida está dedicada a dois modelos que são processados em simultâneo. Em grande parte do processo estes modelos têm um fluxo em paralelo mas existem situações em que partilham o mesmo processo.

Os custos para a empresa dos dois produtos estão apresentados na Figura 34, onde pode-se observar os custos com operadores por peça e outros custos que estão ligados a amortizações de máquinas, manutenções, ferramentas entre outros. A soma destes valores permite quantificar o valor de custo total por peça conforme Tabela 1.



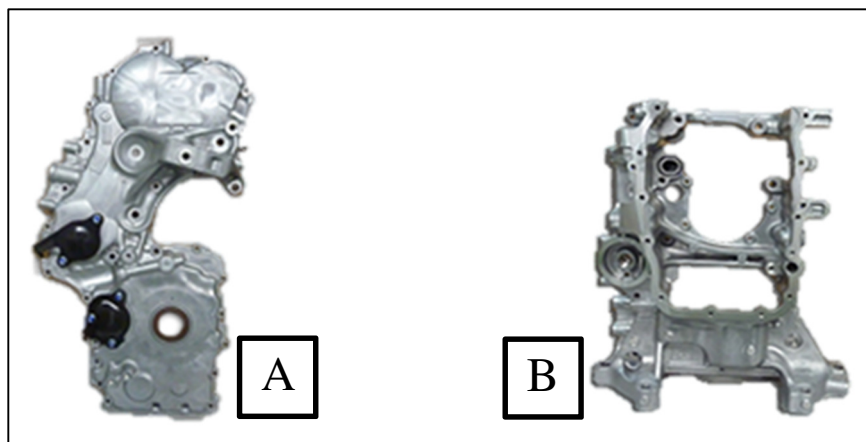
**Figura 34 - Custos com operadores da linha e outros.**

Estes dois modelos são relativamente recentes e também mais complexos quando comparados com os restantes modelos fabricados na empresa. Importa referir que devido ao fato de a linha ser recente, existe um esforço por parte da gestão na melhoria desta linha, nomeadamente como por exemplo a aplicação dos 5'S.

Deste modo, apresenta-se de seguida uma descrição detalhada dos elementos operacionais da linha de produção selecionada no presente caso recorrendo a elementos de informação referentes aos pontos fortes e fracos da operação da linha.

Na Figura 35 estão representados os produtos A: (*Chain Case*) e B: (*Upper Oil Pan*) processados na linha. Estes modelos sofrem um processo de maquinação e montagem e são dois dos modelos mais importantes no posicionamento estratégico da empresa no mercado.





**Figura 35 – Produtos A e B.**

Trata-se como se fosse apenas um produto, as requisições pelo cliente são sempre em quantidades iguais e os processos destes dois modelos partilham algumas operações das mesmas estações de trabalho.

Após o processo de maquinação, ambos os produtos passam pelo processo de montagem de componentes. Como se trata de um conjunto, existe o interesse que tenham a mesma cadência de produção aquando da sua fabricação. Desta forma, o planeamento de produção analisa quando deve colocar a linha em produção tomando em consideração a procura de ambos os produtos.

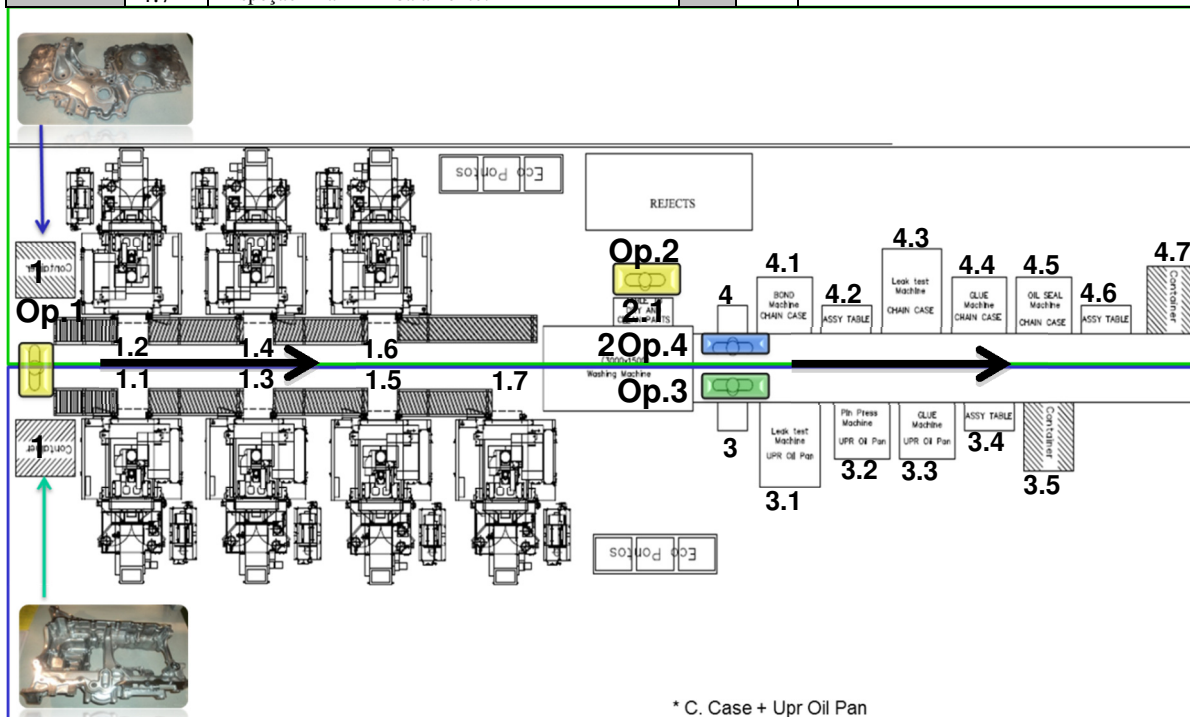
O *layout* da linha de produção em estudo está representado na Figura 34.

Nesta figura pode-se observar que o fluxo de produção inicia-se do lado esquerdo seguindo até a operação de embalagem no contentor do lado direito.

A Tabela 2 apresenta a lista de operações realizadas na linha de produção.

**Tabela 2 – Operações por estação.**

Estação	Pt.	Operação / Estação de trabalho.	Pt.	Operação / Estação de trabalho.	
1	1	Contentor com peças vindas de stock da fundição.			
	1.2	Operação de maquinação.	1.1	Operação de maquinação.	
	1.4	Operação de maquinação.	1.3	Operação de maquinação.	
	1.6	Operação de maquinação.	1.5	Operação de maquinação.	
	---		1.7	Operação de maquinação.	
2	2/2.1	Operação de limpeza e secagem.			
4	4	Inspeção visual	3	3	Inspeção visual + colocação bujão.
	4.1	Operação de colocação de vedante.		3.1	Operação Teste de vazamento + Aperto Bujão.
	4.2	Operação de montagem de 2 tampos.		3.2	Operação de montagem de 3 pinos + o'ring.
	4.3	Operação de teste de vazamento.		3.3	Operação de colocação de cola aderente.
	4.4	Operação de colocação de cola aderente.		3.4	Operação de montagem de 2 o'rings.
	4.5	Operação de montagem do anel vedante.		3.5	Inspeção final + Embalamento.
	4.6	Operação de montagem de 2 o'rings.			
	4.7	Inspeção final + Embalamento.			



**Figura 36 - Layout da linha de produção.**

Depois de um reconhecimento da linha produção passa-se de seguida a apresentar um fluxograma resumido de todo o processo produtivo (Figura 37), e assim poder-se comparar com o *layout* demonstrado atrás. Este fluxograma representa as operações e os tempos de cada uma. Pode-se também verificar nas estações de trabalho que operações ali se fazem e se são manuais ou automatizadas. Refere-se ainda que foi dada a atenção aquando da construção do fluxograma em separar por cores as estações e operadores envolvidos.

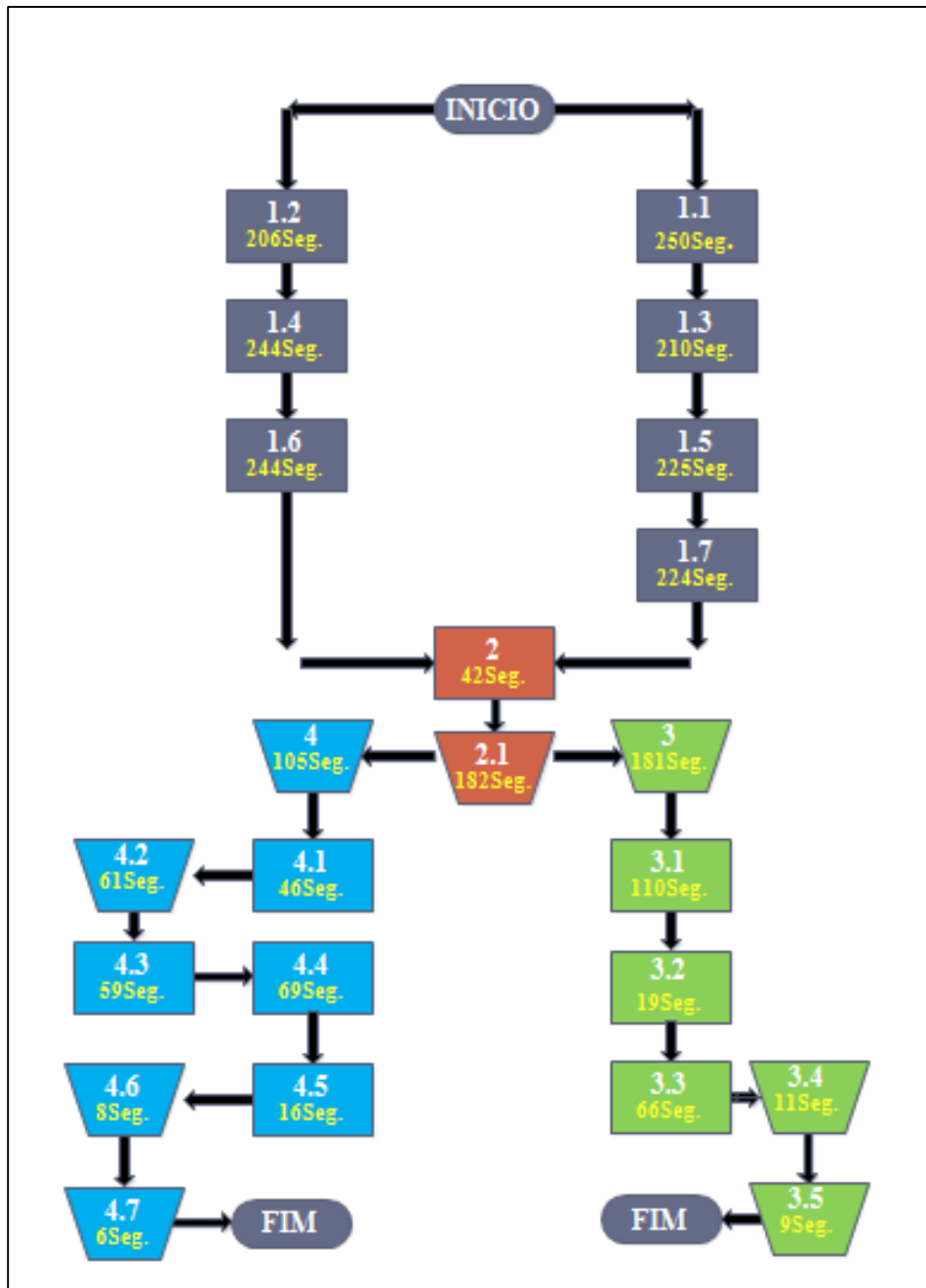


Figura 37 - Fluxograma do processo produtivo.

Seguidamente apresentam-se na Tabela 3 todas as operações com os respetivos tempos de ciclo, como também os valores de OEE de cada máquina. Os valores de OEE foram retiradas da base de dados da empresa, estes valores são atualizados diariamente pelo departamento de planeamento e controlo da produção, portanto não houve a necessidade de os recalcularmos. Como se pode observar na Tabela 3, os tempos de ciclo variam significativamente de estação para estação, como por exemplo, os tempos de ciclo (TC) da estação de maquinação (1) com os tempos de ciclo nas estações de montagem (3 ou 4). Verifica-se também que os TC das operações na estação de maquinação são mais constantes do que nas estações de montagem.

**Tabela 3 - Operações com tempos de ciclo e OEE's.**

<b>Operação.</b>	<b>Op. / Eq.</b>	<b>Tempo de Operação. (Seg)</b>	<b>Valor de OEE. (%)</b>	<b>Estação</b>
1.1	Eq.	250	89	1
1.2	Eq.	206	88	
1.3	Eq.	210	89	
1.4	Eq.	244	90	
1.5	Eq.	225	91	
1.6	Eq.	244	91	
1.7	Eq.	224	90	
2	Eq.	42	99.5	2
2.1	Op	(A67+B105+Op10)=182	---	
3	Op.	181	---	3
3.1	Op.+Eq.	5+105=110	99.5	
3.2	Op.+Eq.	7+12= 19	99.5	
3.3	Op.+Eq.	9+57=66	99.5	
3.4	Op.	11	---	
3.5	Op.	9	---	
4	Op.	105	---	4
4.1	Op.+Eq.	8+38=46	99.5	
4.2	Op.	61	---	
4.3	Op.+Eq.	5+54=59	99.5	
4.4	Op.+Eq.	10+59=69	99.5	
4.5	Op.+Eq.	10+6=16	99.5	
4.6	Op.	8	---	
4.7	Op.	6	---	
--- (Não aplicável) / Op. – Operador / Eq. – Equipamento. / A-Produto A / B-Produto B				

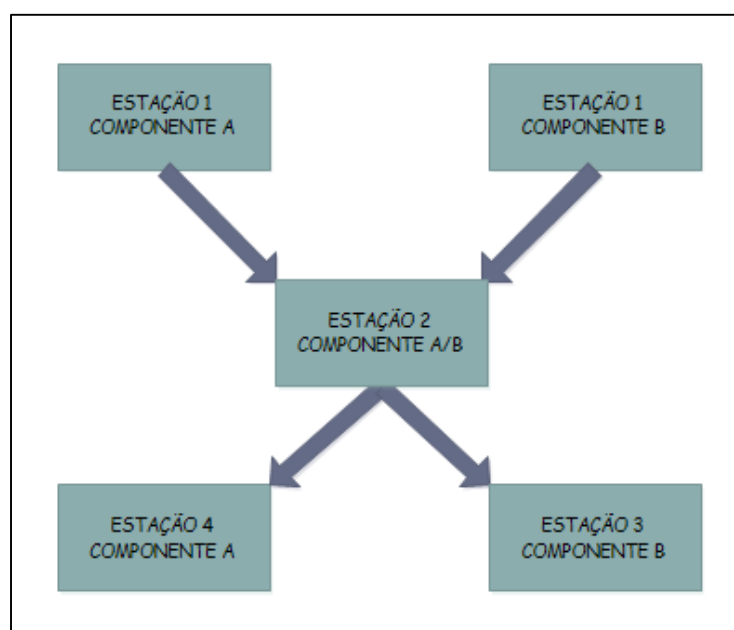
Os custos deste processo como referido anteriormente, são as causas raiz que indicam a necessidade de análise da linha de produção em estudo. Fez-se assim uma pré-identificação de alguns dos meios possíveis e racionais para reduzir os custos. Esta análise seguiu as seguintes orientações:

- Diminuir os tempos de ciclo ou melhorar as operações por forma a aumentar a cadência de produção;
- Fazer um balanceamento com grande eficácia que eleve a cadência de produção;
- Racionalização da linha através da redução de recursos humanos;

Seguidamente fez-se uma análise detalhada das estações da linha de produção em estudo, com o objetivo de identificar os pontos onde seja possível aplicar algumas das orientações referidos anteriormente.

#### **4.1.4. ANÁLISE DO BALANCEAMENTO DE LINHA.**

Na presente seção descreve-se a aplicação parcial dos métodos de balanceamento de linha. Esta aplicação foi parcial, pois a singularidade do processo da linha de produção em estudo limita de alguma forma a aplicação integral das heurísticas de balanceamento. Na Figura 38 apresenta-se um fluxograma por estações, seguidamente calculam-se os indicadores de folga e eficiência das estações de trabalho.



**Figura 38 – Layout por estações.**

Tempo de ciclo do produto **A = 256 Segundos**

Tempo de ciclo do produto **B = 262 Segundos**

Tempo de ciclo médio do conjunto **A/B = 259 Segundos**

Como estes tempos de ciclo são o gargalo de produção, será de referir que o se utilizou este tempo médio para análise das estações seguintes. A diferença entre TC é insignificante para o caso em estudo, e no processo seguinte tem de entrar uma peça de cada vez no túnel de lavagem partilhado.

**Tabela 4 – Estação 1**

N =	1	Estações
C =	259	Segundos
NC =	259	Segundos
$\Sigma Ti$ =	259	Segundos
(3) Folga =	$259-259 = 0$	Segundos
(2)Eficiência=	$259/259=1=100\%$	

Nota: É esta estação 1 (Tabela 4) que limita a cadência de produção, o tempo de ciclo é o mais elevado de toda a linha, seguidamente analisa-se a estação 2 (Tabela 5).

**Tabela 5 – Estação 2**

N =	1	Estações
C =	259	Segundos
NC =	259	Segundos
$\Sigma Ti$ =	182	Segundos
(3) Folga =	$259-182 = 77$	Segundos
(2)Eficiência=	$182/259=0.703=70.3\%$	

Na Tabela 6 e 7 analisam-se as estações 3 e 4 respectivamente.

**Tabela 6 – Estação 3**

N =	1	Estações
C =	259	Segundos
NC =	259	Segundos
$\Sigma T_i$ =	246	Segundos
(3) Folga =	$259 - 246 = 13$	Segundos
(2)Eficiência=	$246/259=0.949=94.9\%$	

**Tabela 7 – Estação 4**

N =	1	Estações
C =	259	Segundos
NC =	259	Segundos
$\Sigma T_i$ =	219	Segundos
(3) Folga =	$259 - 219 = 40$	Segundos
(2)Eficiência=	$219/259=0.846=84.6\%$	

A Tabela 8 apresenta um resumo dos indicadores de eficiências para cada estação. Pode-se observar que a estação número 2 é aquela que possui uma menor eficiência, no entanto nas restantes estações também se podem observar valores de eficiência reduzidos.

**Tabela 8 – Resumo das eficiências.**

<b>Estação:</b>	<b>Eficiência:</b>	<b>Eficiência Global:</b>
1	100%	88.4%
2	<b>70.3%</b>	
3	95%	
4	84.6%	

#### **4.1.5. ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE**

Através da análise à produtividade da linha de produção conforme Tabela 9 pode-se verificar que a quantidade de peças por operador é reduzida, sendo esta quantidade por turno e por operador de 41 peças. Quando se faz uma comparação com outras linhas de produção existentes na empresa pode-se considerar que este valor é baixo a nível de produtividade.

Em relação aos cálculos apresentados na tabela 9, foram baseados na primeira estação, como já referido, o chamado gargalo da produção está nessa estação. A nível de tempos de turno, considerou-se 400 minutos, dado que a carga horária diária são de 8 horas, retirando tempos de reuniões, tempos de descanso e tempos de limpeza, fica o valor mencionado conforme Tabela 9. Quanto ao valor do OEE calculou-se a média de todos os equipamentos correspondentes a esta estação.

**Tabela 9 - Análise de produtividade.**

<b>Linha de produção</b>	<b>Tempo de trabalho. (min)</b>	<b>Tempo de ciclo (Seg.)</b>	<b>Capacidade do turno teórica. (Peças)</b>	<b>O.E.E (Média)</b>	<b>Capacidade do turno real. (Peças)</b>
Produção de A	400	256	93.8	90%	84
Produção de B	400	262	91.6	90%	82
<b>Total por turno:</b>					<b>166</b>
<b>Quantidade de operadores:</b>					<b>4</b>
<b>Produtividade:</b>					<b>41.5 Peças/ Operador</b>



#### 4.1.6. RESUMO DA ANÁLISE À LINHA DE PRODUÇÃO

Como já foi referido, é na estação 1 onde fica estabelecido que a cadência de produção não vai além das 166 peças por turno, no entanto a eficiência desta estação é das mais elevadas. Verificou-se também que é na estação 2 que a eficiência é mais baixa, mas em comparação com as estações 3 e 4 não se poderá afirmar que a eficiência apresenta valores significativamente melhores (84.6% e 95%).

Como o objetivo fulcral é a redução dos custos de produção, analisou-se de seguida as opções disponíveis de implementação de melhorias no processo a considerar:

- **Hipótese 1:** É na estação 2 onde a eficiência é mais reduzida face às restantes estações, a possibilidade que poderia ser viável, seria a diminuição dos tempos de ciclo ou a redução de processos na estação 1, se tal fosse possível poder-se-ia aumentar a cadência produtiva e portanto reduzir as folgas existentes nas estações seguintes. Para a primeira estação foram analisados os tempos de avanço dos equipamentos e questionada a possibilidade do aumento dos mesmos junto dos responsáveis das operações de maquinação. Embora os equipamentos tenham a capacidade de aumentar os avanços de maquinação, tal não é possível a fim de garantir especificações apertadas do cliente. Também os equipamentos já utilizam ferramentas com um nível de qualidade elevado, caso contrário, através destas também poderia ser possível efetuar melhorias que intervêm diretamente nos tempos de ciclo.

Quanto à redução dos tempos dos processos, uma das hipóteses seria a redução dos mesmos com a passagem de operações para outros equipamentos, mas devido à complexidade do produto do cliente tal não é viável, os equipamentos só se movem em 4 eixos e como consequência disso não existe margem para que seja possível a redução dos tempos dos processos.

- **Hipótese 2:** Dado que a estação número 2 tem baixa eficiência e portanto muito tempo de folga, o mesmo acontece com as operações a jusante mas com a folga mais reduzida. Portanto, apresentam-se duas opções, racionalizar a estação 2 ou as estações 3 e 4. Para racionalizar a estação 2 e incluir esta função nas estações 3 e 4

ou vice-versa, à primeira vista esta solução apresenta-se inviável. As folgas da estação 2, 3 ou 4 não são de tal forma suficientes para incluir as operações de umas nas outras, nem as folgas das estações 3 e 4 juntas conseguem dar resposta à cadência de fabrico da estação 2. Posto isto, definiu-se como solução viável, que a redução de custos poderá passar pela automação de baixo custo (LCA):

- ✘ - Automatizar as estações 3 ou 4 torna-se muito complicado e muito dispendioso, pois em primeiro lugar existe a inspeção visual. Para esta operação, os equipamentos no mercado ainda não estão de tal forma preparados e portanto apresentam baixa eficácia. Seguidamente, verifica-se que o transporte da peça entre as várias operações, assim como, a colocação dos componentes teriam de ser todos automatizados. Portanto deixaria de ser na realidade uma utilização de LCA e poderia não ser viável o investimento necessário.
- ✓ - Automatizar a estação 2 - implica criar um sistema eficaz na secagem e limpeza dos produtos, isto é, ter-se-ia de automatizar a secagem e limpeza da peça pelo exterior e interior e limpar/secar todos os furos que passaram pela operação de maquinação. Como o processo de lavagem é efetuado através de água, logo todos os furos contêm água e possíveis limalhas no seu interior.

De acordo com o referido anteriormente definiu-se segundo os objetivos, que a melhoria passaria por aplicar a LCA na estação 2, com vista a racionalização da linha. Essa racionalização passaria por prescindir de um operador, para com isto assistir-se a uma redução do custo de produção e um aumento da produtividade.

## **4.2. DESENHO DA SOLUÇÃO**

No desenho da solução final foram aplicadas as necessárias ferramentas *Lean* tendo sempre por objetivo a identificação das fontes de desperdício e o aumento da produtividade.

De seguida é apresentada a solução proposta, descriminada por as estações de trabalho e por operações.

#### 4.2.1. APRESENTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRABALHO

A estação de trabalho 2 (Figura 39) como referido anteriormente tem a função de secar as peças pelo exterior, interior, todos os furos que passaram pela operação de maquinação. Engloba também a função de limpeza quanto a limalhas inseridas em zonas de difícil acesso (Furos, recantos, entre outras.).

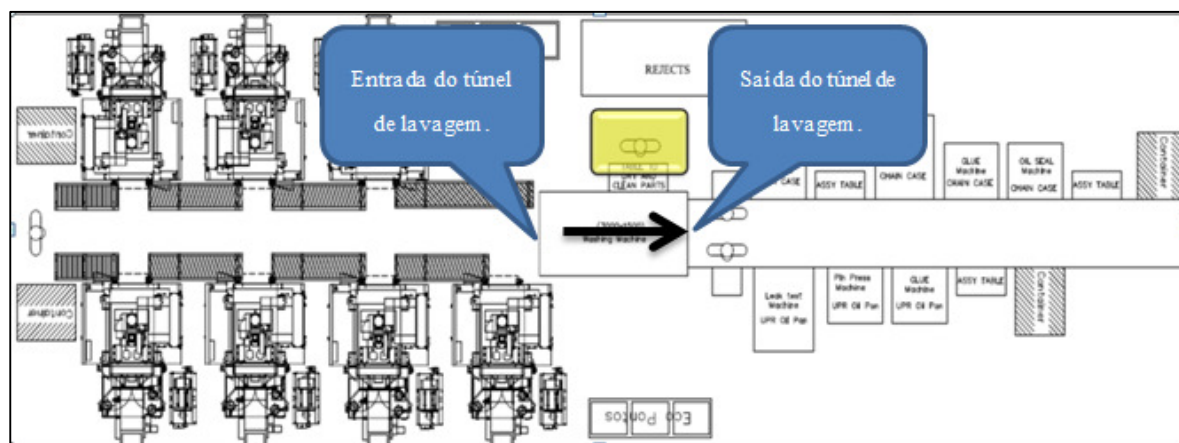


Figura 39 – Estação de trabalho 2.

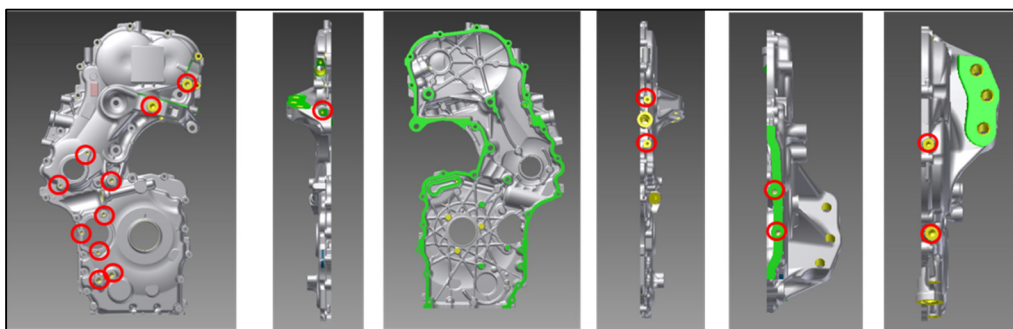


Figura 40 – Limpeza e secagem manualmente.

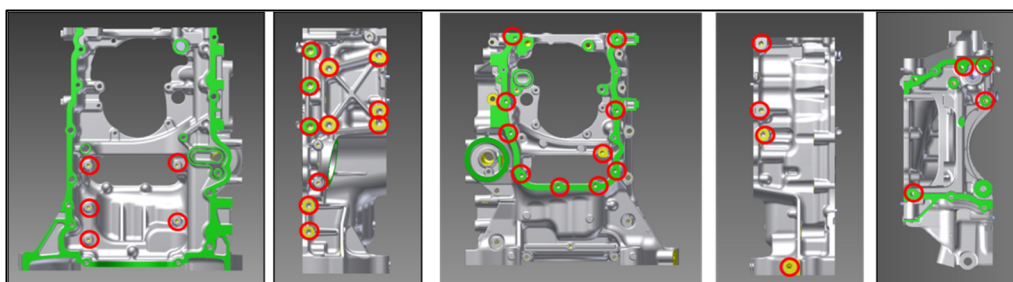
Apresenta-se os detalhes das etapas desta estação de trabalho, primeiramente o operador da estação 1 vai colocando as peças no túnel de lavagem, posteriormente a peça estará disponível para secagem/limpeza. Isto é, a peça entra no túnel e irá passar por jatos de água a 60°C através de tapetes rolantes, passados 42 segundos a peça está na saída do túnel, o operador desta estação em análise vem ao local (Figura 40A) sempre que necessite de uma peça e leva-a para a bancada de secagem/limpeza. Efetua o processo manualmente, usando apenas uma pistola de ar comprimido, ligada à da rede pneumática da empresa (+/-6bar). No caso do modelo B o operador terá de passar por 34 furos roscados (Figura 42) e a secagem

do corpo da peça (Figura 40B), caso seja o modelo A terá de passar por 17 furos roscados (Figura 41) e o resto do corpo da peça (Figura 40C).

O tempo de ciclo são de 67 segundos para o modelo A e 105 segundos para o modelo B. O operador conforme percorre o corpo da peça vai verificando se o processo anterior está completo e conforme. Após a operação, este operador coloca as peças no início das respectivas estações de montagem.



**Figura 41 – Furos do modelo A.**



**Figura 42 – Furos do modelo B.**

No caso da estação 3 e 4 envolvem alguns processos manuais e automatizados conforme descrição a seguir:

#### **Produto A / Estação 4:**

1º- Operador faz inspeção visual.

2º- Operador coloca a peça na máquina para esta fazer a distribuição correta do vedante tipo silicone.

- 3º- Operador coloca dois tampos cuidadosamente por cima do fio de vedante para não obstruí-lo e a seguir aparafusa estes tampos à peça através de máquina de aperto manual.
- 4º- Operador coloca a peça na máquina de vazamento para garantir estanquicidade da peça.
- 5º- Operador coloca peça na máquina para esta fazer a correta distribuição da cola aderente.
- 6º- Operador coloca a peça na máquina e o anel vedante para esta proceder à inserção.
- 7º- Operador coloca manualmente dois *oring's* sobre a cola aderente.
- 8º - Operador faz inspeção a todos os componentes da peça e coloca no contentor com a devida proteção.

### **Produto B / Estação 3:**

- 1º- Operador faz inspeção visual e “aponta” o bujão na peça.
- 2º- Operador coloca a peça na máquina de vazamento para garantir estanquicidade da peça, primeiramente a máquina fará o aperto do bujão e posteriormente o teste de vazamento.
- 3º- Operador coloca a peça e três pinos para a máquina fazer inserção, no final operador coloca um *oring*.
- 4º- Operador coloca a peça na máquina para esta fazer uma distribuição correta da cola aderente.
- 5º- Operador coloca dois *oring's* manualmente sobre a cola aderente.
- 6º- Operador coloca a peça no sistema de deteção de falta de componentes e seguidamente procede ao embalamento com a devida proteção.

#### **4.2.2. DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA**

Após um reconhecimento da estação de trabalho no subcapítulo anterior vai-se de seguida apresentar as soluções idealizadas.

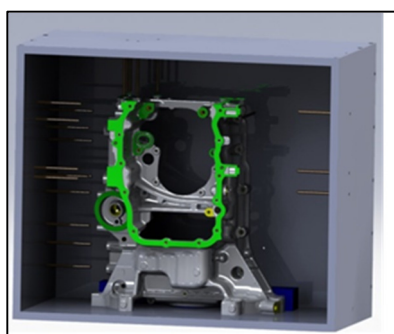
Inicialmente partiu-se da ideia de automatizar a estação 2 para os dois modelos em estudo, mas devido à dificuldade e objeções da administração no desenvolvimento do projeto optou-

se pela eliminação da ideia no produto A. No entanto o projeto não ficou limitado e foi desenvolvida outra solução que será de seguida descrita.

A ideia para a estação 2 foi tentar automatizar com vista a uma racionalização da estação. Como referido anteriormente, o automatismo aplica-se somente num dos modelos produzidos na linha, modelo B. O objetivo foi que este automatismo tivesse capacidade de efetuar as operações realizadas pelo operador e o sistema passaria a ser do tipo caixa fechada (Figura 43).

O operador da estação a jusante passaria a ter a função de colocar e retirar as peças desta “Caixa”. Como existe folga, o operador aplica esse tempo na deslocação das peças entre a saída do túnel de lavagem e este novo sistema “Caixa”, e posteriormente entre esta e a estação seguinte.

Com estas atividades extras, o tempo de folga do operador fica muito limitado, para isso foi necessário aumentar a folga deste, por reduzir o tempo de ciclo da inspeção (inicialmente 181seg.).



**Figura 43 – Idealização através de caixa fechada.**

Relativamente ao produto A, a ideia foi manter o processo manual na estação 2, mas quem passou a realizar este processo foi o operador da estação 4. Tentou-se reduzir os tempos de ciclo desta estação para aumentar a folga deste operador, de tal forma que lhe dê tempo para efetuar a operação na estação 2.

De seguida verificou-se que os tempos de ciclo da estação 4 estavam elevados. A redução desses tempos passou por implementar melhorias principalmente na operação 4.2 onde o operador faz a montagem de dois tampos.

**Tabela 10 - Resumo dos objetivos a implementar.**

		<b>Atual:</b>			<b>Objetivos:</b>		
<b>Estação em análise:</b>	<b>Operação/ Produto:</b>	<b>Tempo de ciclo:</b>	<b>Operador responsável:</b>	<b>Folga do próximo operador responsável:</b>	<b>Tempo de ciclo:</b>	<b>Operador responsável:</b>	<b>Tempo necessário para assumir nova função:</b>
2/4	Limpeza/ Secagem do produto A	67 Segundos Operação Manual.	Estação 2	40 Segundos	67 Segundos Operação Manual	Estação 4	76 Segundos
2/3	Limpeza/ Secagem do produto B	105 Segundos Operação Manual.	Estação 2	13 Segundos	20 Segundos Operação Automatizada	Estação 3	15 Segundos

Na Tabela 10 apresentam-se os objetivos das melhorias a implementar, perseguindo o objetivo que é a redução de custos pela racionalização da linha mais especificamente a estação 2.

No caso do produto A, na interligação da estação 2 com a estação 4, planeou-se atuar da seguinte forma: o operador da estação 4 necessitava de 67s mais 9s para deslocar-se ao local de limpeza/secagem.

Este operador antes das melhorias implementadas contava com uma folga de 40 segundos mas necessitava de 76s. Ao analisar as operações da estação 4 verificou-se que em duas situações existiam operações com tempos elevados que podiam ser melhorados por eliminação do desperdício.

Assim, detetou-se que seria possível melhorar muito os tempos de ciclo que o operador despendia na colocação dos tampos. Para isso, seria necessária a implementação de alguma automação, e foi neste sentido que se trabalhou. Conforme os valores na Tabela 10 indicam foi possível aumentar a folga em 47.4% no operador da estação 4.

Quanto ao produto B, a melhoria realizou-se através de um novo sistema de limpeza/secagem. O operador da estação 3 necessitava de 15 segundos para colocar a peça

no automatismo e posteriormente trazê-la para a estação 3. Inicialmente o operador desta estação apenas tinha 13 segundos de folga.

Houve assim a necessidade de reduzir em 2s numa das operações com tempos de ciclo elevados. Após a análise das operações, verificou-se que seria possível implementar essas melhorias na operação de inspeção. Observou-se que a operação que o operador realizava de limar rebarbas ou escarear furos poderia ser eliminada através de melhorias nos processos de maquinação em CNC.

### 4.3. IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO

Apresenta-se de seguida a solução idealizada para o produto B. Esta solução baseou-se na automação de baixo custo focada no objetivo importante de cumprir funções extras a esta estação. Depois de conhecidas as características físicas do produto B, um novo sistema automático permitiria projetar o ar comprimido através de ponteiros de cobre fixas, e com a mesma secção de diâmetro das pistolas de ar comprimido.

Depois da realização de alguns rascunhos começou-se a projetar a ideia em desenho 3D numa caixa fechada (Figura 44) conforme referido anteriormente. As ponteiros para projeção do ar comprimido deveriam estar direcionados exatamente para os furos. Assim sendo, as peças teriam de ser colocadas sempre na mesma posição, para que os jatos coincidam com os furos. A “caixa” em si foi projetada por placas de alumínio, nas quais estão fixas as ponteiros de cobre (Figura 44), com ligações para o exterior. O produto B no qual se desejava aplicar este sistema, requer projeção de ar em toda a envolvente da peça, isto significou que a porta deveria conter ponteiros fixas, no entanto seria necessário garantir que a porta estivesse fechada para que o sistema funcionasse corretamente, sem faltar a operação num dos lados da peça.

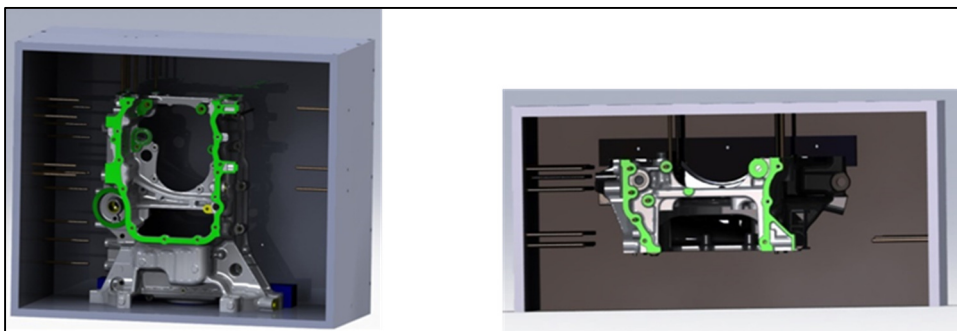
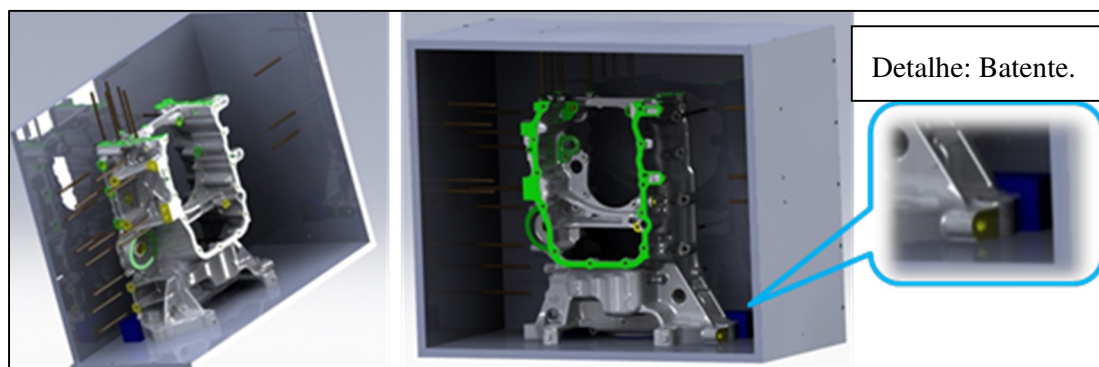


Figura 44 – Sistema de caixa fechada.



Implementou-se um sensor de fim de curso na régua deslizante e portanto ficou assegurado este possível ponto de falha. Houve também um cuidado especial na base de assentamento onde seria colocada a peça, no sentido de evitar más colocações da mesma. Implementou-se batentes e pinos guia de material *Nylon* (Figura 45) para evitar marcas de choque no próprio produto.



**Figura 45 – Sistema de caixa fechada 2.**

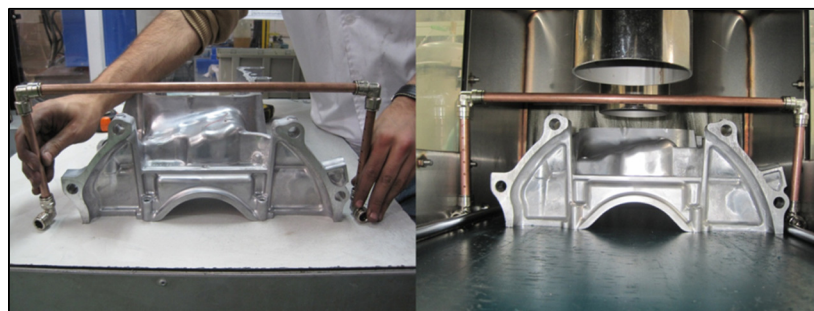
O funcionamento do sistema realizou-se da seguinte forma: após a colocação da peça pelo operador, este fecha a porta e seguidamente ativa-se o sistema. Depois da realização de alguns testes, chegou-se à conclusão que 15 segundos de tempo de ciclo chegariam para cumprir a operação. Na realidade este tempo encontra-se dividido em duas parcelas iguais, isto é, em 7,5s efetua-se a operação em metade dos furos, e na outra parcela de tempo efetua-se a operação na outra metade dos furos.

Após a implementação da melhoria, a operação associada à estação ainda não se encontrava completa, faltando ainda a secagem exterior e interior da peça.

A solução desenhada passou pela substituição da operação por um sistema autónomo.

Como referido anteriormente as peças devem ficar completamente secas para poderem avançar para a próxima estação. Medida implementada para esta situação foi melhorar o túnel de lavagem. Para isso idealizou-se uma cortina de projeção de ar comprimido (Figura 46). O túnel já possuía um sistema de secagem mas este tinha pouca eficácia, pois não conseguia repelir a água das superfícies da peça.

Através de um sensor de deteção da peça, este dá indicação para a válvula electropneumática abrir o ar comprimido, posteriormente como a velocidade do tapete rolante é muito baixa, cerca de 0.015m/s, a cortina de ar composta por tubagem perfurada consegue fazer a secagem da peça completa pelo exterior e interior. Fica assim a operação completamente automatizada para o produto B.



**Figura 46 – Sistema de secagem pelo exterior/interior.**

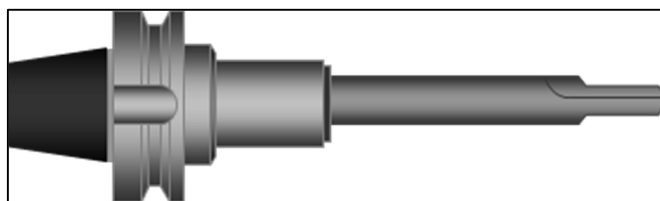
No decorrer da análise detetou-se que também se poderia intervir na operação 3 (Inspeção), com o objetivo de aumentar a folga do respetivo operador para inserir e retirar as peças do sistema de limpeza/secagem. Assim o operador na situação inicial encontrava-se a escarear furos manualmente (Figura 47) obrigando desta forma ao aumento do tempo de ciclo.



**Figura 47 – Trabalho extra na inspeção visual.**

Analisou-se qual das operações é que estava a processar os furos que necessitavam de ser escareados, chegou-se à conclusão que era na operação 1.5.

Abordou-se o responsável dos processos para a possível implementação de ferramentas conforme Figura 48, o *feedback* foi positivo e portanto implementaram-se duas ferramentas deste tipo mas com destinos diferentes, isto é, diâmetros diferentes. Note-se que estas ferramentas processam o furo e fazem o chanfro ao mesmo tempo, eliminando-se o problema na inspeção.



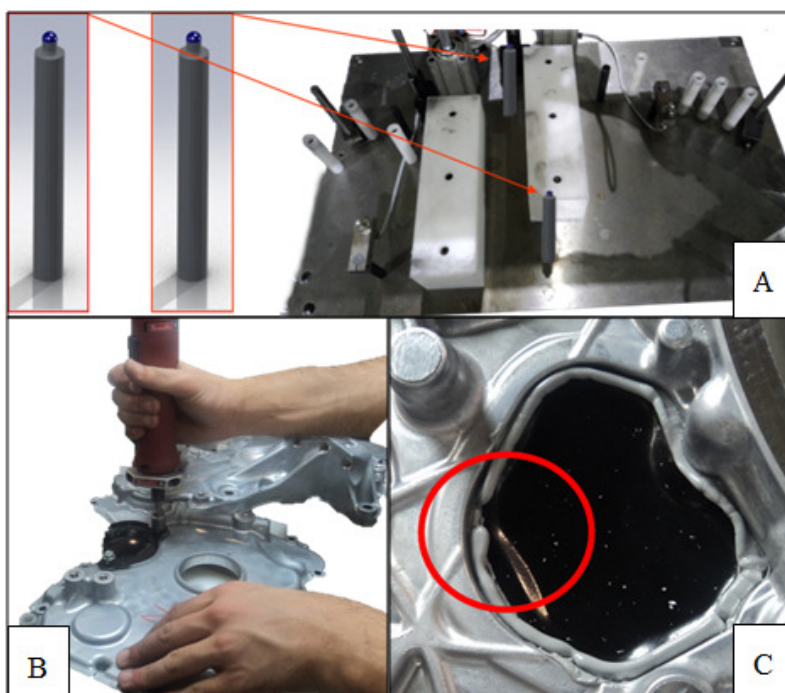
**Figura 48 – Ferramenta com bi-função.**

No caso do produto A, procedeu-se no sentido de dar mais folga ao operador da estação 4 e assim aumentar a folga do mesmo. Com este ajuste seria possível obter-se o tempo necessário para se efetuar a operação da estação 2.

Conforme indicado no capítulo anterior, incidiu-se principalmente na estação 4.2 por forma a automatizar parte da operação. O operador tinha de colocar os tampos primeiramente por cima do “fio” de cola vedante, e este processo exigia eficácia, caso contrário a cola vedante será obstruída (Figura 47 C) e o produto não passava no teste de vazamento.

Descrevem-se de seguida os principais defeitos encontrados nesta operação:

- 1º- A peça não fica bem fixa pelo que, leva a oscilações durante o aperto dos parafusos (Figura 49 B).
- 2º- Colocação dos tampos demorada e com grande probabilidade de má colocação.
- 3º- Montagem dos parafusos demorada.



**Figura 49 – Operação de colocação de tampos.**

Para o primeiro ponto gerador de desperdício da operação conforme indicado anteriormente, implementaram-se dois pinos guia no dispositivo (Figura 49 A) onde o operador coloca a peça. Após esta aplicação a peça deixou de oscilar melhorando a exatidão na colocação dos tampos.

O segundo ponto assinalado estava diretamente ligado com a colocação dos tampos. Para melhorar esta operação, a colocação dos tampos teria de ser efetuada por um processo parcialmente mecânico e parcialmente automatizado.

Pode-se verificar na Figura 49C um exemplo duma não conformidade quando existia falha na colocação manual.

Depois de pedir opinião ao principal fornecedor de dispositivos da empresa, definiu-se que uma boa opção seria aplicar duas plataformas magnéticas (conforme Figura 50) nas quais o operador teria de colocar os tampos e posteriormente estas ajustarem-se a peça. Depois dos tampos estarem encostados à cola vedante e na posição correta, o operador só teria de apertar os parafusos sem necessitar de os segurar.

Através de dois cilindros pneumáticos, um com cada plataforma magnética, obteve-se os movimentos na vertical, em conjunto com um automatismo (PLC). O operador só deve dar ordem de descida, e seguidamente proceder ao aperto dos parafusos.

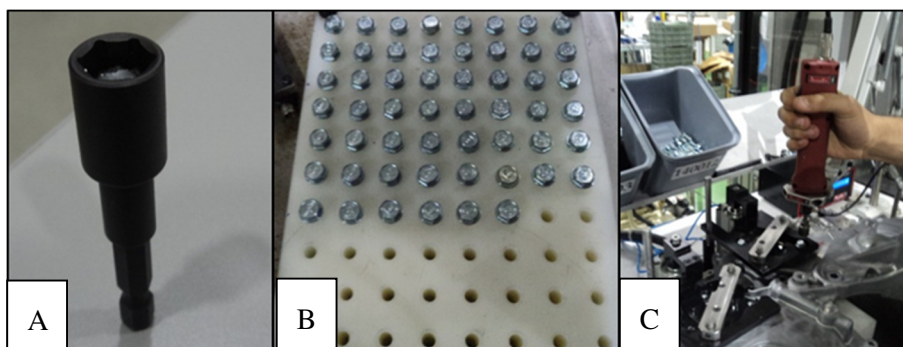


**Figura 50 – Plataformas magnéticas.**

Um outro ponto que originava desperdício resultava quando o operador retirava os parafusos de uma caixa e de seguida “apontava-os” manualmente na peça um a um para de seguida fazer o aperto destes.

Verificou-se que esta operação poderia ser melhorada. Procedeu-se à aquisição de uma ponteira sextavada magnetizada conforme Figura 51A, e posteriormente realizou-se um

tabuleiro para colocação dos parafusos (Figura 51B), depois do operador ter a ponteira magnetizada montada na máquina manual só terá de encostar esta na “cabeça” do parafuso e posteriormente fazer o aperto nos respetivos furos.



**Figura 51 – Melhorias para diminuição do TC.**

Para terminar, aplicou-se os 5S na linha de montagem conforme se pode verificar na Figura 52. Nesta figura é possível observar o antes à esquerda e o depois à direita. Os componentes foram devidamente separados e identificados.

Após esta melhoria qualquer operador identifica mais rapidamente os componentes. Contribuindo também para a diminuição de tempos de ciclo bem como para evitar a possibilidade de mistura destes, dado que estes acessórios são muito semelhantes entre si.



**Figura 52 – Aplicação dos 5S.**



Após descrição das melhorias implementadas apresenta-se um resumo de todo o material utilizado, bem como os custos associados conforme Tabela 11.

O valor total dos custos para as implementações efetuadas ronda os 1600 €, o valor final situa-se acima do inicialmente previsto, embora os custos de alguns componentes estejam abaixo do valor pré-estabelecido. Houve um componente no estado usado que não serviu para o funcionamento pré definido, que foi o caso do autómato PLC para o sistema de limpeza/secagem.

**Tabela 11 – Custos do material aplicado.**

Pt.	Material utilizado:	Quantidade:	Estado:	Custo €:
1	Placas de alumínio com furos e roscas.	6	Novo	350
2	Válvulas de corte electropneumáticas.	4	Novo	292
3	Autómato PLC para Cx. de limpeza/secagem.	1	Novo	416
4	Autómato PLC para montagem tampos.	1	Usado	0
5	Ponteiras de cobre para projeção de ar.	32	Usado	0
6	Parafusos.	53	Novo/Usado	10
7	Tubagem e acessórios pneumáticos.	1	Usado	0
8	Ferramenta para furo com função “chanfro”.	2	Novo	183
9	Plataforma magnética.	2	Novo	192
10	Cilindro pneumático.	2	Usado	0
11	Ponteira magnética.	1	Novo	13
12	Tabuleiro de Nylon.	1	Usado	0
13	Caixa para componentes.	4	Novo	56
14	Sensor de fecho de porta (Caixa)	1	Usado	0
15	Interruptor para o operador dar ordem de execução.	2	Novo	106
16	Calha deslizante para porta (Caixa)	1	Usado	0
17	Conjunto de filtro + manómetro de ar	1	Usado	0
<b>TOTAL:</b>				<b>1618€</b>

Deve-se referir que a empresa financiou desde início todos os componentes adquiridos, e portanto no subcapítulo dos resultados apresenta-se o *payback* para a empresa, pois é um dos pontos importantes para este tipo de organizações.

Os trabalhos efetuados pelo departamento de manutenção não foram considerados na tabela atrás, devido a ser um trabalho extra às funções do departamento. Dado que este projeto ficava sempre para segundo plano, pelo que não foi realizado em contínuo.

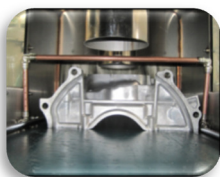
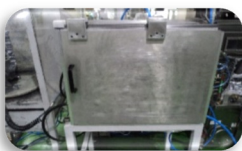
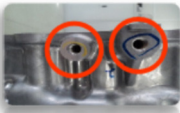
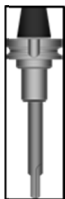

No entanto com alguma margem de erro considerou-se uma semana de trabalho com apenas um operador dedicado a este projeto, o que deveria resultar num valor em cerca de 320 euros.

#### 4.4. RESULTADOS

Nesta seção resume-se e demonstra-se conforme Tabela 12 todas as melhorias implementadas, assim como análise de tempos, folgas, eficiências, produtividade e custos.

Pode-se verificar que existiram na tabela 12 que houve 4 áreas de melhoria onde houve intervenção. Como avaliação final, pode-se afirmar que os resultados foram positivos ao comparar o estado inicial da linha de produção face ao estado inicial.

**Tabela 12 – Resumo de ações.**

<b>Ação:</b>		<b>Verificação:</b>	
Automatização da secagem/limpeza do produto B.		Atualmente o produto B é limpo e seco de forma autónoma com um tempo de ciclo de 15 segundos após dada ordem de execução.	<b>OK</b>
			
Inspeção do produto B.	 	Foi reduzido o tempo de ciclo em 9.2% de 181 para 166 segundos.	<b>OK</b>
Melhorias na operação manual de montagem dos tampos no produto A.		Foi reduzido o tempo de ciclo em 50.8% passou de 61 para 30 segundos. Nota: Estes 30 segundos já têm 2 segundos de margem para preencher a base de nylon.	<b>OK</b>

Na Figura 53 apresenta-se o fluxograma da linha de produção após alterações. O resultado das intervenções aplicadas com a eliminação da estação de trabalho número 2, e com as novas funções dos operadores da estação 3 e 4.

Importa referir também que o operador da estação 3 assume a operação de embalagem do produto A, por motivos que iremos analisar à frente. É possível verificar-se no fluxograma que o processo 3.6 tem a cor da estação 3.

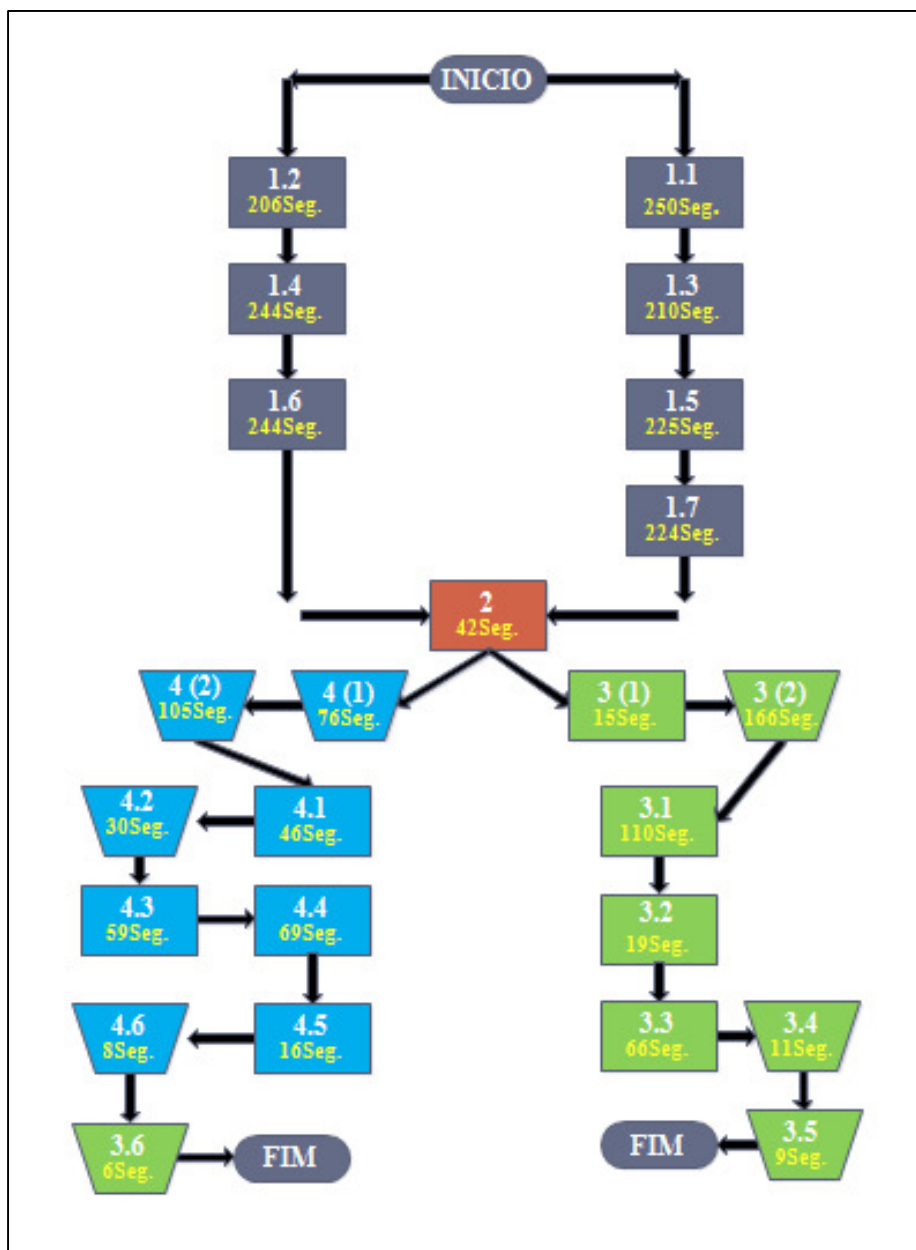


Figura 53 - Fluxograma final.



A seguir nas Tabelas 13/14/15/16 analisa-se o estado atual das estações 3 e 4 a nível de balanceamentos de linha. Como efetuado anteriormente, verifica-se as folgas e eficiências.

**Tabela 13 – Estação 3**

N =	1	Estações
C =	259	Segundos
NC =	259	Segundos
$\Sigma Ti$ =	231	Segundos
(2) Folga =	$259 - 231 = 28$	Segundos

Após novas tarefas determinadas para este operador, nomeadamente o facto de levar e trazer o produto B ao novo sistema de limpeza/secagem e também assumir a operação de embalagem do produto A resulta:

**Tabela 14 – Estação 3 após novas operações.**

N =	1	Estações
C =	259	Segundos
NC =	259	Segundos
$\Sigma Ti$ =	255	Segundos
(3) Folga =	$259 - 255 = 4$	Segundos
(2) Eficiência =	$255/259 = 0.984 = 98.4\%$	

**Tabela 15 – Estação 4.**

N =	1	Estações
C =	259	Segundos
NC =	259	Segundos
$\Sigma Ti$ =	188	Segundos
(3)Folga =	$259 - 188 = 71$	Segundos

Mas este operador agora terá de fazer a operação de limpeza/secagem do produto A, como não tinha folga suficiente passou-se a operação de embalagem para o operador da estação 3, então resulta:

**Tabela 16 – Estação 4 após novas operações.**

N =	1	Estações
C =	259	Segundos
NC =	259	Segundos
$\Sigma Ti$ =	258	Segundos
(3)Folga =	$259 - 258 = 1$	Segundos
(2)Eficiência=	$258/259=0.996=99.6\%$	

Depois de se verificar resultados positivos na eficiência conforme Tabela 17, analisa-se seguidamente o estado da produtividade.

**Tabela 17 – Resumo da eficiência final.**

<b>Estação:</b>	<b>Eficiência (Antes):</b>	<b>Eficiência Global (Antes):</b>	<b>Eficiência (Depois):</b>	<b>Eficiência Global (Depois):</b>
1	100%	88.4%	100%	99.3%
2	<b>70.3%</b>		---	
3	95%		98.4%	
4	84.6%		99.6%	

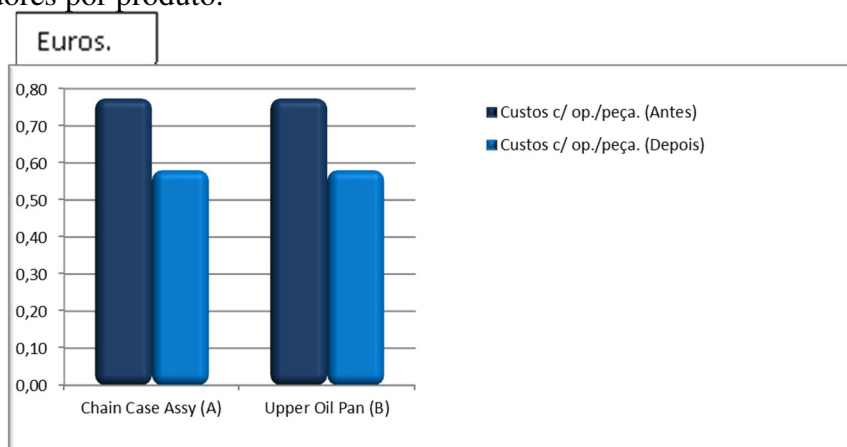
Como já era esperado, após racionalização da estação 2 a produtividade da linha passa a ser de 55 peças por operador por cada turno de trabalho conforme Tabela 18.

**Tabela 18 – Análise da produtividade final.**

<b>Linha de produção</b>	<b>Tempo de trabalho. (min)</b>	<b>Tempo de ciclo (Seg.)</b>	<b>Capacidade do turno teórica. (Peças)</b>	<b>O.E.E (Média)</b>	<b>Capacidade do turno real antes. (Peças)</b>	<b>Capacidade do turno real depois. (Peças)</b>
Produção de A	400	256	93.8	90%	84	84
Produção de B	400	262	91.6	90%	82	82
<b>Total por turno:</b>					<b>166</b>	<b>166</b>
<b>Quantidade de operadores:</b>					<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Produtividade:</b>					<b>41.5 Peças/ Operador</b>	<b>55.3 Peças/ Operador</b>

Seguidamente avaliou-se o impacto nos custos de fabrico que a empresa tem com a linha de produção. Através do presente trabalho foi possível uma redução de custos que incidiu principalmente na dispensa de um operador da linha de produção. Como se pode confirmar na Figura 54. Estes custos sofreram uma redução de 25% em cada produto, isto porque no total eram quatro operadores, mas na estação 2 o operador efetivo a esta realizava operações

nos dois produtos. Portanto considerou-se que os custos deste operador poderiam ser deduzidos em 50% para cada produto, agora a linha de produção possui três operadores, isto é, 1.5 operadores por produto.



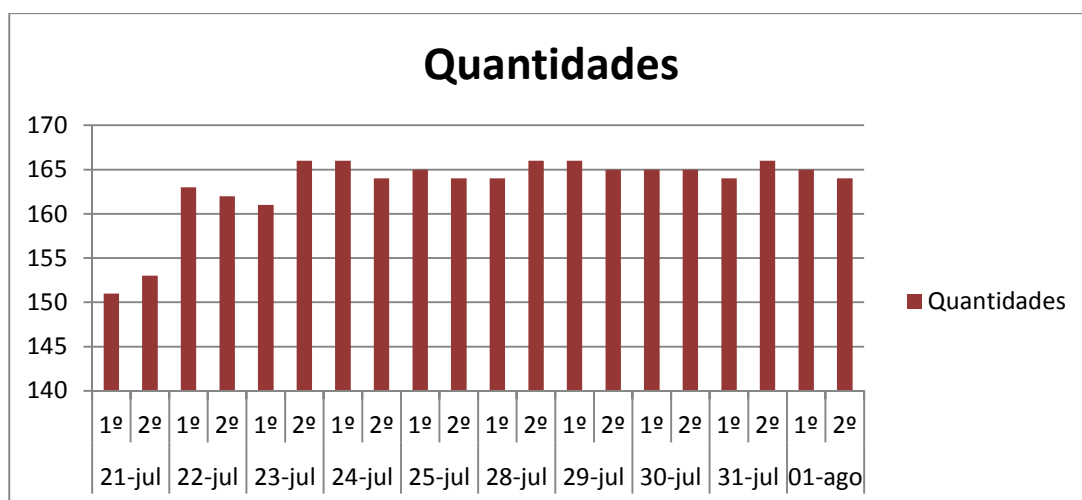
**Figura 54 - Análise da melhoria a nível de custos.**

Em termos de análise *payback* para a empresa, pode-se afirmar que será necessário pouco mais de um mês para ficar liquidado. Como demonstrado anteriormente os custos rondaram os 1900 € em material e mão-de-obra. Pode-se considerar que em pouco mais de 1 mês de trabalho o investimento foi recuperado.

**Tabela 19 - Análise de custos finais com operadores por produto e por turno.**

Produtos	Custo c/ operadores em cada turno antes.	Custo c/ operadores em cada turno depois.	Poupança por cada turno.	Poupança durante 1 mês/ 1Turno
Upper Oil Pan (B)	128,48 €	96,36 €	32,12 €	706,66 €
Chain Case Assy (A)	128,48 €	96,36 €	32,12 €	706,66 €
<b>Total:</b>				<b>1.413,32 €</b>

Por fim fez-se uma análise ao arranque após implementação do novo processamento das operações. Numa primeira análise às quantidades produzidas no primeiro dia de trabalho não foram superiores. No entanto este resultado tem uma justificação. Foi necessária formação aos operadores da estação 3 e 4, e estes também precisaram de tempo para mecanizarem as novas funções, até chegarem ao ponto ideal de não ser necessário pensar na operação que vão realizar. Conforme Figura 55 pode-se verificar que no segundo dia as quantidades começaram a aproximar-se do objetivo, 166 conjuntos A/B por turno.



**Figura 55 - Quantidades produzidas no arranque do novo processo.**

#### **4.5. COMENTÁRIOS FINAIS**

Começando pela apresentação da linha, optou-se por abordar todo o processo de fabrico na empresa para haver um entendimento sobre a matéria-prima que chega ao processo de maquinação.

De seguida procedeu-se a uma análise das linhas de produção, bem como posteriormente à análise de estação em estação. Esta análise permitiu a identificação dos pontos ou áreas passíveis de melhoria.

De seguida procedeu-se ao desenho e implementação de um plano de melhoria.

Durante a implementação deste plano, foi tido em conta a colocação de imagens para melhor entendimento das ações que se estavam a realizar, bem como a atenção em evidenciar as estações/operações em que se estava a intervir.

Nos resultados finais tentou-se acompanhar toda a análise efetuada anteriormente para transmitir uma perceção clara dos valores obtidos com aqueles que foram previstos.

Deve-se referir que após implementação das melhorias fez-se um acompanhamento de perto para averiguar que todas as modificações estavam a funcionar como previsto, principalmente o sistema de limpeza/secagem (Figura 56).

Resta referir que operadores de cada turno têm de fazer uma revisão a todas as máquinas, nomeadamente verificações de pressões entre outras. Passaram assim a ser orientados por uma *checklist* está junto as máquinas.

Esta ação tomada logo de início visou incumbir os operadores da verificação do sistema de limpeza/secagem (Anexo B) para certificar que o turno não está a trabalhar sem a qualidade exigida.

Como por exemplo, no caso alguma ponteira sofrer algum tipo de impacto, isso provoca um desvio no furo que lhe está associado podendo assim deixar passar furos com limalhas no interior e com água. O operador faz uma inspeção de forma geral ao sistema, e se algo estiver não conforme com a lista de confirmações deverá informar o responsável de turno para se proceder à correção.



**Figura 56 – Sistema de limpeza/secagem.**

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo aborda as principais conclusões resultantes deste projeto. É também apresentada uma avaliação dos vários pontos do trabalho realizado, bem como uma comparação final das melhorias na linha de produção face ao ponto de partida.

O facto do autor desta Dissertação ser colaborador da empresa, permitiu uma melhor integração no processo produtivo da fábrica e nas operações executadas na linha de produção. Desta forma foi possível a busca de dados para a análise executada e também na obtenção de opiniões internas. Ao dar início ao projeto considerou-se deveras importante avaliar todos os recursos que estavam ao dispor, bem como o tempo necessário para adquiri-los.

A motivação que levou à escolha desta linha em concreto foram os respetivos custos operacionais elevados. Dado que à partida o objetivo principal era a redução dos custos de produção, isso motivou esta escolha.

Após um estudo detalhado dos dados iniciais através de ferramentas e métodos ligados à filosofia de produção *Lean*, foi possível traçar objetivos adequado à própria linha de produção.

Com recurso às ferramentas *Lean* foi possível identificar as fontes de desperdício mais significativas e proceder à sua eliminação ou redução. Foi possível também em determinados pontos da linha introduzir automatizações de baixo custo que conduziram à redução dos tempos de operação.

Com estas ações foi possível atingir-se melhorias de qualidade, organização e principalmente a redução de custos com operadores. O operador da estação 2 foi dispensado e reintegrado noutra função dentro da empresa. Com isto o custo com operadores na linha reduziu-se em 25%. Ao analisar-se os custos por peça verificamos que foram reduzidos em 2.9% no produto A e 2.5% no produto B. Estas reduções conduzem a uma poupança mensal a rondar os 1400€.

Por fim conclui-se que todas as dificuldades ultrapassadas e o tempo investido, deram realmente resultados satisfatórios para o autor e para a empresa. Refere-se que um dos pontos importantes que foi a obtenção de conhecimentos nesta área da engenharia, à qual o autor deste trabalho pretende prosseguir.

Em termos de trabalhos futuros, espera-se replicar este novo método de limpeza/secagem para outros modelos em produção na empresa. Da mesma forma pretende-se aplicar a metodologia de melhoria baseada no *Lean* em outras linha e/ou modelo, utilizando os métodos e ferramentas desenvolvidos neste projeto em concreto.

Por fim, refere-se que o esforço de melhoria da linha de produção objeto deste trabalho vai continuar com o acompanhamento de perto da solução implementada. Isto com vista a averiguar possíveis falhas e também a possibilidade de definir manutenção periódica preventiva para que esta solução se mantenha em condições adequadas de funcionamento.



## *Referências Documentais*

Carravilha, M. (1998). Layouts e Balanceamento de Linhas. Engenharia Mecânica. Reportório, FEUP.

Choo, A. P. A. (2006). O ciclo PDCA na gestão do conhecimento. Engenharia de Gestão. Reportório bibliográfico, Universidade Federal de Santa Catarina

DWARKANATH, H. S. (2003). LOW COST AUTOMATION

Hofrichter, M. (2014). "“Relacionamento e Confiança” , ênfase em Gestão de Relacionamento Empresarial." RC Invest. from [http://www.rcinvest.com.br/conteudo\\_detalhes.asp?cod\\_conteudo=471](http://www.rcinvest.com.br/conteudo_detalhes.asp?cod_conteudo=471).

Holland, J. (2010). LEAN.

Holloway, R. a. M. D. (2013). O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON. Engenharia da Produção. Reportório, Universidade Federal de Juíz de Fora.

JONES, W. e. (1998). A Mentalidade Lean nas Empresas.

LP (2014). "OEE." Retrieved 09-10-2014, 2014, from <http://www.leanproduction.com/oee.html>.

OHNO, R. a. (1997). O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON. Engenharia da produção. Reportório, Universidade Federal de Juíz de Fora.

Pacheco, A. (2014). Ciclo PDCA na gestão do conhecimento. PPGEGC – Universidade Federal de Santa Catarina On-line.

Quinqiolo, R. a. (2002). O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON. Engenharia da Produção. Reportório, Universidade Federal de Juíz de Fora.

Riani, A. M. (2006). O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON. Engenharia da Produção. Reportório Científico, Universidade Federal de Juíz de Fora.

Riani, T. S. a. (1997). O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON. Engenharia da Produção. Reportório, Universidade Federal de Juíz de Fora.

Riani, W. a. (1992). O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON. Engenharia da Produção. Reportório, Universidade Federal de Juíz de Fora.

Sainzens (2008). Desperdícios com Lean. Internet.

Scrumex (2014). Linha de produção, Scrumex.

Shingo, R. a. (1996). O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON. Engenharia da Produção. Reportório, Universidade Federal de Juíz de Fora.

Shinohara, I. (1988). New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries. P. Press.

Shook, R. a. R. (1998). O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON. Engenharia da Produção. Reportório, Universidade Federal de Juíz de Fora.

Solutions, S.-B. (2012). OPERATIONAL EXCELLENCE AND CHANGE LEADERSHIP. L. T. W. o. Waste. internet.

TESCO (2014). Manual da Qualidade. TESCO Componentes para Automóveis Lda.

Toyota (2010). TPS, What it means for business. Toyota-Forklifts.com.pt.





## Anexo B. Verificação diária do estado do sistema.

[illegible]